

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
BIOTECNOLOGIA – PPGBIOTEC  
DOUTORADO EM BIOTECNOLOGIA**

**RAFAEL LIMA MEDEIROS**

**ÍNDICE MULTICRITÉRIO DE INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA  
AVALIAÇÃO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS EM BIOTECNOLOGIA**

**MANAUS  
2017**

**RAFAEL LIMA MEDEIROS**

**ÍNDICE MULTICRITÉRIO DE INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA  
AVALIAÇÃO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS EM BIOTECNOLOGIA**

Tese apresentada ao Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia – PPGBIOTEC da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Niomar Lins Pimenta  
Co-orientador: Prof. Dr. Nelson Kuwahara

**MANAUS  
2017**

M488f Medeiros, Rafael Lima  
Índice multicritério de inovação sustentável para avaliação de pesquisas científicas em biotecnologia / Rafael Lima Medeiros. 2017  
241 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Niomar Lins Pimenta  
Coorientador: Nelson Kuwahara  
Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Inovação sustentável. 2. Pesquisa biotecnológica. 3. Multicritério. 4. Avaliação. I. Pimenta, Niomar Lins II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho, fruto de anos de dedicação, aos meus familiares, em especial aos meus pais José e Maria, assim como também ao meu padrasto Jorge e minha madrastra Antônia, que sempre me trataram como um filho, e de tal forma me considero.

Dedico, ainda, a conclusão deste trabalho a todos os professores que tive ao longo da minha formação acadêmica e que diretamente ou indiretamente contribuíram para a execução desta pesquisa e para a formação do homem e profissional que sou hoje.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço à Deus pela saúde física e mental durante os anos dedicados à conclusão do curso de doutorado.

Agradeço,

especialmente, ao professor Dr. Niomar Pimenta por ter acreditado desde o primeiro dia no meu potencial, tornando possível a execução desta pesquisa, das disciplinas e das publicações.

ao professor Dr. Nelson Kuwahara que acompanha minha trajetória acadêmica desde o mestrado e que aceitou prontamente a função de co-orientador. E neste papel além de conselhos e informações importantes ofereceu sua própria infraestrutura para realização desta pesquisa.

ao professor Dr. Valdir Florêncio da Veiga Junior por ter fornecido as informações a respeito das pesquisas científicas avaliadas e, portanto, tornando possível a realização deste estudo.

ao corpo docente e administrativo do PPGBIOTEC que me permitiu ter novos conhecimentos, amigos e cabelos brancos.

às empresas Complevida, Cheiro D’Folha e QLuz pela participação na presente pesquisa na função de avaliadoras, o que demonstra o engajamento na proposição de soluções para os problemas sociais e com a geração do conhecimento.

à Mayara Silva Mendes pela paciência, compreensão e companheirismo ao longo dessa jornada que certamente levará a novos desafios.

## RESUMO

O número crescente de pesquisas biotecnológicas, no contexto global e brasileiro, e a escassez de recursos públicos e privados para investimentos em atividades de pesquisa e desenvolvimento, tornam crítico para os atores do sistema de inovação nacional a adoção de metodologias de avaliação e seleção de pesquisas com maior potencial inovador para priorização na alocação de recursos e redução do risco de investimento ou retorno do aporte financeiro. No entanto, a inovação por estar diretamente ligada à promoção da sustentabilidade exerce função de transformação dos produtos e tecnologias utilizadas pela sociedade ao longo da cadeia produtiva de bens e serviços necessários ao consumo humano. Desta forma, inovação sustentável é o desenvolvimento de novos produtos, processos, serviços e tecnologias que contribuem para o desenvolvimento econômico e atendimento das necessidades humanas e institucionais, respeitando os recursos naturais e sua capacidade regenerativa. Neste contexto, o problema da presente pesquisa foi como avaliar o potencial de inovação sustentável das pesquisas científicas biotecnológicas. Logo, o objetivo principal foi elaborar um índice para avaliação do potencial de inovação sustentável de pesquisas científicas no campo da biotecnologia. Para realizar essa missão, a pesquisa foi dividida em três fases distintas. A primeira consistiu na seleção do modelo conceitual do índice, tendo sido escolhido o *framework* Cubo da Inovação Sustentável por ser a abordagem mais robusta no tratamento dos efeitos gerados por inovações orientadas para a sustentabilidade. A segunda etapa foi a aplicação do método multicritério *Analytic Network Process* (ANP) ao *framework* escolhido com o objetivo de viabilizar o uso prático do índice. Já a terceira etapa foi a aplicação prática do índice em três estudos de casos distintos. No primeiro estudo de caso foram avaliadas pesquisas científicas para obtenção e uso da fécula do cará-roxo (*Dioscorea trifida* L.f) com enfoque na aplicação em complementos alimentares, pois a empresa avaliadora foi a Complevida Produtos Naturais que atua nesse segmento. No segundo estudo de caso, as pesquisas avaliadas tinham como objetivo a produção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) para fabricação de cosméticos. Estas pesquisas foram avaliadas pela Cheiro D’Folha da Amazônia, uma empresa de pequeno porte do setor de cosméticos. O terceiro estudo de caso foi realizado com a empresa QLuz Ecoenergia avaliando pesquisas científicas para produção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí (*Euterpe Olerace* e *Euterpe Precatoria*). A pesquisa científica para obtenção da fécula do cará-roxo obteve a pontuação de 57,2%, a mais elevada dentre as avaliadas, seguida pelas pesquisas de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti (48%) e açaí (39,6%). Já os critérios mais relevantes foram Tecnologia, Cultura, Consumo e Produção e Logística. Os resultados mostraram que as pesquisas científicas em biotecnologia realizadas por pesquisadores vinculados ao Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas (PPGBIOTEC/UFAM) possuem potencial inovador sustentável significativo, mas precisam de ajustes para que sejam viáveis de serem produzidas e comercializadas em uma escala de produção adequada para as necessidades dos mercados consumidores. As principais sugestões para melhoria do potencial inovador das pesquisas foram: a construção de unidades modelos de produção e beneficiamento de cará-roxo e/ou resíduos agroindustriais de açaí ou buriti; a promoção de um *marketing* baseado nas propriedades funcionais de alimentos e cosméticos; a participação de comunidades, cooperativas ou pequenos produtores locais como beneficiadores do cará-roxo ou dos resíduos agroindustriais do açaí ou buriti; e a criação de selos de procedência vinculados à Universidade Federal do Amazonas.

**Palavras-chave:** Inovação sustentável. Pesquisa biotecnológica. Multicritério. Avaliação.

## ABSTRACT

The increasing number of biotechnological research in the global and Brazilian context and the scarcity of public and private resources for investments in research and development make it critical for the actors of the national innovation system to adopt evaluation methodologies and research selection. With greater innovative potential for prioritization in the allocation of resources and reduction of the risk of investment or return of the financial contribution. However, innovation, as it is directly linked to the promotion of sustainability, has the function of transforming the products and technologies used by society throughout the production chain of goods and services necessary for human consumption. In this way, sustainable innovation is the development of new products, processes, services and technologies that contribute to economic development and meeting human and institutional needs, respecting natural resources and their regenerative capacity. In this context, the problem of the present research was how to evaluate the potential for sustainable innovation of biotechnological scientific research. Therefore, the main objective was to develop an index for assessing the potential for sustainable innovation in scientific research in the field of biotechnology. To accomplish this mission, the research was divided into three distinct phases. The first one consisted in the selection of the conceptual model of the index, and the Cubo Sustainable Innovation framework was chosen because it is the most robust approach in the treatment of the effects generated by innovations orientated towards sustainability. The second step was the application of the multicriteria Analytic Network Process (ANP) to the chosen framework with the objective of making the practical use of the index possible. The third step was the practical application of the index in three different case studies. In the first case study, scientific researches were carried out to obtain and use the purple starch (*Dioscorea trifida* L.f) with a focus on the application of food supplements, since the evaluating company was the Complevida Produtos Naturais, which operates in this segment. In the second case study, the evaluated researches had as objective the production of bioactive extracts of agroindustrial residues of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) for the manufacture of cosmetics. These surveys were evaluated by Cheiro D'Folha da Amazônia, a small company in the cosmetics sector. The third case study was carried out with the company QLuz Ecoenergia evaluating scientific research for the production of bioactive extracts of açai agroindustrial waste (*Euterpe Oleracea* and *Euterpe Precatoria*). The scientific research to obtain the purple starch obtained the score of 57.2%, the highest among those evaluated, followed by the researches of bioactive extracts of agroindustrial residues of buriti (48%) and açai (39.6%), . The most relevant criteria were Technology, Culture, Consumption and Production and Logistics. The results showed that the scientific researches in biotechnology carried out by researchers linked to the Multi-Institutional Biotechnology Graduate Program in the Federal University of Amazonas have significant innovative potential, but they need adjustments to be feasible to be Produced and marketed on a production scale appropriate to the needs of the consumer markets. The main suggestions for improving the innovative potential of the research were: the construction of production units and processing of purple and / or agroindustrial residues of açai or buriti; The promotion of marketing based on the functional properties of food and cosmetics; The participation of local communities, cooperatives or small producers as beneficiaries of the purple or agro-industrial waste of açai or buriti; And the creation of stamps of origin linked to the Federal University of Amazonas.

**Keywords:** Sustainable Innovation. Biotechnology Research. Multicriteria. Evaluation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A semântica do desenvolvimento sustentável.....	31
Figura 2a – Evolução cronológica da biotecnologia: Antes do Projeto Genoma.....	38
Figura 3 – Eixos da biotecnologia: conhecimento (núcleo) e os setores que utilizam produtos baseados em biotecnologia.....	41
Figura 4 – Hierarquia da agregação da informação em um sistema de indicadores.....	48
Figura 5 – <i>Framework</i> fins-meios.....	67
Figura 6 – Cubo da inovação sustentável.....	75
Figura 7 – Exemplo de hierarquia para um processo de tomada de decisão.....	83
Figura 8 – Estrutura em rede para um problema de decisão.....	96
Figura 9 – Esquema de classificação da pesquisa.....	101
Figura 10 – Fluxograma da metodologia da pesquisa.....	104
Figura 11 – Fluxograma de coleta de dados.....	107
Figura 12 – Rede de decisão para modelagem do índice.....	113
Figura 13 – Instalações da Complevida (CDTECH/UFAM).....	121
Figura 14 – Ponto de venda da Complevida.....	122
Figura 15 – Estágio do beneficiamento do cará-roxo.....	124
Figura 16 – Modelo SIMI-Biotech no <i>software</i> SuperDecisions.....	132
Figura 17 – <i>Rating</i> de inovação sustentável da pesquisa do cará-roxo.....	132
Figura 18 – Distribuição de pesos de importância por critério.....	133
Figura 19 – Rede de decisão para seleção de produtos naturais.....	134
Figura 20 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech da pesquisa da fécula do cará-roxo por critério.....	135
Figura 21 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech da pesquisa da fécula do cará-roxo por múltiplos critérios.....	136
Figura 22 – Entrada principal do CIDE.....	138
Figura 23 – Linha de produtos Cheiro de Folha.....	139
Figura 24 – O fruto buriti e seus potenciais produtos.....	141
Figura 25 – <i>Rating</i> de inovação sustentável da pesquisa do extrato de Buriti.....	148
Figura 26 – Distribuição de pesos de importância por critério.....	148
Figura 27 – Rede de decisão para seleção de cosméticos funcionais.....	149
Figura 28 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech da pesquisa do extrato bioativo do resíduo agroindustrial do buriti por critério.....	150

Figura 29 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech do extrato bioativo do resíduo agroindustrial do buriti por múltiplos critérios.....	151
Figura 30 – Sede da empresa QLuz Eco Energia. ....	154
Figura 31 – Estágios do beneficiamento do resíduo agroindustrial do açaí. ....	156
Figura 32 – <i>Rating</i> de inovação sustentável das pesquisas de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí. ....	163
Figura 33 – Distribuição de pesos de importância por critério.....	164
Figura 34 – Rede de decisão para seleção de produtos naturais.....	165
Figura 35 – Simulação por critério do crescimento do índice SIMI-Biotech das pesquisas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí. ....	166
Figura 36 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech das pesquisas de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí por múltiplos critérios.....	166

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições de inovação.....	24
Quadro 2 – Tipos de inovações quanto a suas dimensões.....	25
Quadro 3 – Tipos de inovações quanto ao grau de inovação. ....	26
Quadro 4 – Tipos de inovações quanto ao grau de inovação. ....	27
Quadro 5 – Dimensões da sustentabilidade em diferentes definições.....	33
Quadro 6 – Síntese dos principais índices e indicadores de inovação.....	58
Quadro 7 - Síntese dos principais índices e indicadores de sustentabilidade.....	70
Quadro 8 - Síntese dos principais índices e indicadores de inovação sustentável. ....	77
Quadro 9 - Exemplo de matriz de julgamentos preenchida.....	84
Quadro 10 - Resultado final do método AHP.....	85
Quadro 11 - Síntese dos principais métodos de decisão multicritério.....	94
Quadro 12 – Matriz de alcance local para modelagem do índice.....	114
Quadro 13 - Julgamentos necessários para critérios x critérios: (a) no mesmo cluster. (b) em relação aos critérios do cluster Ciclo de vida. ....	115
Quadro 14 - Exemplo de julgamentos entre critérios x alternativas.....	116
Quadro 15 – Exemplo de julgamentos entre alternativas x critérios.....	116
Quadro 16 – Matriz de alcance global para modelagem do índice. ....	117
Quadro 17 – Exemplo de julgamentos entre <i>clusters</i> x <i>clusters</i> .....	117
Quadro 18 – Critérios de análise do índice SIMI-Biotech. ....	172

## LISTA DE SIGLAS

ABIHPEC	Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos
ACE Tech	New and clean energy technology assessment systems
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APL	Arranjo Produtivo Local
ASEF	Asia-Europe Foundation
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BSC	Balanced ScoreCard
CDTECH	Centro de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico
CIB	Conselho de Informações em Biotecnologia
CIDE	Centro de Incubação e Desenvolvimento Empresarial
CIS	Community Innovation Survey
CLEANTECH	Clean technologies: prospective techno-economic analyses and scenarios
COM	Capability Poverty Measure
CR	Consistency Ratio
CSD	Commission on Sustainable Development
DEA	Data Envelopment Analysis
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
DJSI	Índice Dow Jones de Sustentabilidade
DPSIR	Driving Force, Pressure, State, Impact, Response
DSR	Driving force-State-Response
EEA	European Environment Agency
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESI	Environmental Sustainability Index
EUROSTAT	Statistical Office of the European Communities
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
FMCDM	fuzzy multicriteria decision making
GPI	Genuine Progress Indicator
GRI	Global Reporting Initiative
HPI	Happy Planet Index
IAASTD	International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICTI	Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDRC	International Development Research Centre
IISD	International Institute for Sustainable Development
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
IN-STREAM	INtegrating MainSTREAM Economic Indicators
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial

ISEW	Index of Sustainable Economic Welfare
ISEW	Index of Sustainability Economic Welfare
IUCN	International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources
KEI	Knowledge Economy Indicators
LCSP	Lowell Center for Sustainable Production
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MADM	Multi-attribute Decision Making
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MCDM	Multicriteria Decision Making
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MEI	Measuring Eco Innovation
MEP	Monitoring Environmental Progress
MERIPA	Methodology for European regional innovation policy assessment
MODM	Multi-objective Decision Making
NHGRI	National Human Genome Research Institute
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PAA	Programa do Artesanato Amazonense
PAB	Programa de Artesanato Brasileiro
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PIB	Produto Interno Bruto
PIM	Polo Industrial de Manaus
PINTEC	Pesquisa de Inovação
PPGBIOTEC	Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia
PROMETHÉE	Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation
PSR	Pressure-State-Response
Q-BIOMA	Grupo de Pesquisa Química de Biomoléculas da Amazônia
RI	Random Consistency Index
RICYT	Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología
RNA	Redes Neurais Artificiais
SAW	Simple Additive Weighting
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEEA	System of Integrated Environmental and Economic Accounting
SIC	Sustainability Innovation Cube
SIMI-Biotech	Sustainable Innovation Multicriteria Index for Assessment of Biotechnology Research
TAI	Technology Achievement Index
TMC	Total Material Consumption
TMI	Total Material Input
TOPSIS	Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
UNEP	United Nations Environment Programme
WCED	World Commission on Environment and Development

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Definição do problema .....	17
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1 <i>Objetivo geral</i> .....	18
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	18
1.3 Justificativa.....	18
1.4 Delimitação da pesquisa .....	20
1.5 Hipóteses .....	20
1.6 Organização do trabalho.....	20
2. INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE .....	22
2.1 Definições de inovação.....	22
2.2 Definições de sustentabilidade .....	29
2.3 Inovação sustentável.....	33
3. BIOTECNOLOGIA, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE .....	37
3.1 Definições de biotecnologia .....	37
3.2 Inovação e biotecnologia .....	42
3.3 Sustentabilidade e biotecnologia .....	44
4. ÍNDICES E INDICADORES DE INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE .....	47
4.1 Índices e indicadores .....	47
4.2 Índices e indicadores de inovação .....	50
4.2.1 <i>Síntese dos índices e indicadores de inovação</i> .....	57
4.3 Índices e indicadores de sustentabilidade.....	60
4.3.1 <i>Síntese dos índices e indicadores de sustentabilidade</i> .....	69
4.4 Índices e indicadores de inovação sustentável .....	72
4.4.1 <i>Síntese dos índices e indicadores de inovação sustentável</i> .....	76
5. MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO .....	81
5.1 Principais técnicas de decisão multicritério.....	81
5.1.1 <i>Síntese das principais técnicas de decisão multicritério</i> .....	93
5.2 Analytic Network Process .....	95
5.3 Analytic Network Process aplicado na avaliação de inovação e sustentabilidade .....	98
6. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	100
6.1 Classificações da pesquisa.....	100
6.2 Materiais e métodos.....	102
6.3 Universo, amostra e coleta de dados .....	105

6.4 Análise e validação dos resultados .....	108
7. ÍNDICE MULTICRITÉRIO DE INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL: SIMI-BIOTECH .....	109
7.1 Construção do modelo conceitual do índice.....	110
8. ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS: APLICAÇÃO DO ÍNDICE SIMI-BIOTECH .....	119
8.1 Estudo de caso 1: Complevida Produtos Naturais da Amazônia Ltda. ....	119
8.1.1 Setor de atuação .....	119
8.1.2 A empresa Complevida Produtos Naturais da Amazônia Ltda. ....	120
8.1.3 A pesquisa avaliada: Obtenção e aplicação da fécula do cará-roxo ( <i>Dioscorea trifida</i> L.f) na produção de alimentos funcionais .....	122
8.1.4 Aplicação do índice SIMI-Biotech.....	124
8.1.5 Discussão dos resultados .....	132
8.2 Estudo de caso 2: Cheiro de Folha da Amazônia Ltda. ....	137
8.2.1 Setor de atuação .....	137
8.2.2 A empresa Cheiro D'Folha da Amazônia Ltda. ....	138
8.2.3 A pesquisa avaliada: Extratos bioativos de resíduos agroindustriais do buriti ( <i>Mauritia flexuosa</i> L.) para fabricação de cosméticos .....	140
8.2.4 Aplicação do índice SIMI-Biotech.....	141
8.2.5 Discussão dos resultados .....	148
8.3 Estudo de caso 3: QLuz Eco Energia Ltda. ....	153
8.3.1 Setor de atuação .....	153
8.3.2 A empresa QLuz Eco Energia Ltda. ....	154
8.3.3 A pesquisa avaliada: Extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí ( <i>Euterpe Oleracea</i> e <i>Euterpe Precatoria</i> ) .....	155
8.3.4 Aplicação do índice SIMI-Biotech.....	157
8.3.5 Discussão dos resultados .....	163
8.4 Análise e discussão da aplicação do índice SIMI-Biotech.....	168
8.4.1 Critérios para avaliação de índices e indicadores.....	168
8.4.2 Análise dos avaliadores.....	173
8.4.3 Análise comparativa dos estudos de casos.....	174
8.3.4 Potencialidades e limitações do índice SIMI-Biotech.....	177
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	180
REFERÊNCIAS .....	183
APÊNDICE A – Questionário de aplicação do SIMI-Biotech.....	204
APÊNDICE B – Supermatriz de avaliação da pesquisa científica da fécula do cará-roxo ....	228
APÊNDICE C – Matriz alcance global de avaliação da pesquisa científica da fécula do cará-roxo.....	229
APÊNDICE D – Supermatriz final de avaliação da pesquisa científica da fécula do cará-roxo .....	230

APÊNDICE E – Supermatriz de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti .....	231
APÊNDICE F – Matriz de alcance global de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti .....	232
APÊNDICE G – Supermatriz final de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti .....	233
APÊNDICE H – Supermatriz de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí .....	234
APÊNDICE I – Matriz de alcance global de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí .....	235
APÊNDICE J – Supermatriz final de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí .....	236
APÊNDICE K – Questionário para avaliação do processo de aplicação do SIMI-Biotech...	237
ANEXO A – Escala fundamental de Saaty .....	238
ANEXO B – Índice de coerência aleatória.....	239
ANEXO C – Fluxograma de aplicação do ANP .....	240

## 1. INTRODUÇÃO

A pesquisa científica possui papel central na melhoria da qualidade de vida da sociedade, pois serve como fundamento teórico para o desenvolvimento de tecnologias, produtos, processos e modelos que atendam as diversas demandas humanas. No entanto, para que as descobertas obtidas em laboratório efetivamente cheguem à sociedade ou ao mercado consumidor é necessário que o conhecimento científico seja incorporado a um produto, processo ou tecnologia. Quando este conhecimento gera uma novidade ou substancial melhoria em relação ao que já existe no mercado, temos uma inovação. Inovação, portanto, está relacionada ao contexto social, à aceitação do mercado e à geração de resultado econômico.

A evolução do conhecimento científico humano teve rápido crescimento a partir do final do século XVIII com a Revolução Industrial. Deste momento histórico em diante a pesquisa científica passou a ter estreita relação com os interesses econômicos públicos e privados, que, em geral, financiam as atividades de pesquisa e desenvolvimento. No período pós-Segunda Guerra Mundial, com o amadurecimento do processo de internacionalização da economia global, os investimentos em pesquisa tornaram-se críticos para os Estados-Nação e para as empresas transnacionais que passaram a atuar em mercados cada vez mais competitivos tecnologicamente (SCHWARTZMAN, 2002).

Neste contexto, o termo inovação rapidamente se popularizou como uma necessidade para obtenção de vantagens competitivas, operacionalização de estratégias e, em alguns cenários, questão de sobrevivência (BRITO *et al.*, 2009).

De forma contemporânea ao estreitamento da relação entre ciência e economia, através da inovação, emergiu a questão da proteção do meio ambiente como uma nova temática fundamental nos debates sobre os modelos de produção utilizados pelo homem para gerar os produtos e serviços que fazem parte do seu atual padrão de consumo. A partir das discussões sobre os efeitos negativos causados no meio ambiente pelo uso de tecnologias baseadas em fontes de energias geradoras de CO<sub>2</sub>, o avanço do desmatamento, o uso inadequado dos recursos hídricos, o excesso de geração de lixo, entre outros temas ambientais, surgiu o termo sustentabilidade no final do século XX.

Os estudos sobre sustentabilidade ampliaram o entendimento sobre a emergência da preservação do meio ambiente, acrescentando que para garantir o bem-estar ambiental no longo prazo é necessário contemplar mecanismos de promoção do bem-estar social e do bem-estar econômico. Essa concepção demanda que as tecnologias, produtos, serviços, setores

produtivos e o próprio estilo de vida de boa parte da população mundial sejam readaptados a essa realidade de sérias restrições ambientais.

A inovação está diretamente associada a essa necessidade de desenvolvimento de sistemas produtivos sustentáveis, já que exerce função de transformação dos produtos e tecnologias utilizadas na cadeia produtiva dos diversos bens e serviços necessários ao consumo humano. Portanto, para substituir tecnologias, produtos e serviços que geram impacto ambiental significativamente negativo por alternativas mais eficientes e equilibradas do ponto de vista ambiental, social, econômico e institucional é necessário investir em pesquisa, visando que os resultados das mesmas possam ser inseridos no mercado a fim de gerar inovações com perfil sustentável.

Existem diversos campos de estudo que possuem alto potencial de desenvolvimento de tecnologias inovadoras mais limpas, tais como a nanotecnologia, a tecnologia da informação, as energias renováveis, a robótica e a biotecnologia. No caso do Brasil, a biotecnologia é uma vocação natural já que o país é um *hotspo* de biodiversidade, pois possui extensa área de vegetação e rica diversidade de fauna e flora, em especial, na região norte brasileira.

No campo da biotecnologia, a pesquisa é a tarefa principal para o aumento e aprimoramento do conhecimento acerca das aplicações que a matéria biológica pode gerar. No entanto, da mesma forma que em outros campos do conhecimento, uma parcela significativa das pesquisas realizadas pelos profissionais da área não são utilizadas como informação para a geração de inovação. Em alguns casos, as pesquisas são do tipo básica e por isso há a necessidade de serem testadas em casos aplicados para posteriormente passar por um processo de desenvolvimento tecnológico. Pesquisas aplicadas, em geral, possuem maior facilidade para serem incorporadas a algum produto, processo ou tecnologia, caracterizando assim a inovação.

O sucesso em laboratório não é garantia que os resultados das pesquisas, sejam básicas ou aplicadas, efetivamente se transformarão em inovação. Dentre os principais motivos que explicam a aplicação dos resultados obtidos com uma pesquisa científica no processo de inovação estão: potenciais ganhos econômicos, potenciais ganhos de qualidade, potenciais ganhos de desempenho, incremento dos atributos positivos, redução de atributos negativos, necessidade de investimento em tecnologia, aumento do grau de competitividade no mercado, entre outros fatores.

As pesquisas em biotecnologia demandam tempo e investimentos significativos que, em geral, não garantem total certeza de sucesso de transformação dos resultados em inovação, já que para atingir elevado nível de inovação é necessário considerar aspectos

mercadológicos, organizacionais, tecnológicos que não são considerados no momento do estudo científico com enfoque específico. Portanto, é primordial que as pesquisas aplicadas sejam desenvolvidas tendo em vista a viabilidade da replicação da tecnologia em grande escala para atender aos mercados consumidores. No caso das pesquisas básicas se faz necessários que pesquisadores e investidores tenham a capacidade de fazer a atividade de prospecção tecnológica para encontrar possíveis aplicações relevantes para os resultados deste tipo de pesquisa.

O volume crescente de informação gerada por pesquisas em biotecnologia, tanto no contexto global quanto no contexto brasileiro, e as restrições na quantidade de recursos para investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I<sup>1</sup>) tornam crítico para investidores públicos e privados identificar as pesquisas biotecnológicas com maior potencial de inovação para melhorar a alocação de recursos, o aproveitamento do conhecimento gerado, a geração de resultado econômico e o planejamento de investimentos neste campo de estudo.

A ausência de metodologias que possuam como finalidade avaliar o grau de inovação das pesquisas em biotecnologias realizadas por universidades, empresas, institutos de pesquisas privados ou públicos torna o processo de avaliação do potencial de inovação com elevado grau de subjetividade, em geral recorre-se a metodologias de prospecção tecnológica ou a consulta a *experts* da área. Essas práticas podem trazer resultados equivocados caso a avaliação de futuro dos especialistas não se realize, além de não contemplar claramente quais fatores favorecem o uso de determinada pesquisa no processo de inovação e quais fatores podem ou precisam ser melhorados ou corrigidos para serem viáveis para a organização ou mercado.

Considerando as exigências por sustentabilidade dos processos produtivos, é fundamental priorizar inovações que sejam viáveis nas dimensões econômica, ambiental, social e institucional (VIEIRA *et al.*, 2005). Portanto, as metodologias de avaliação do potencial inovador de pesquisas científicas em biotecnologia precisam ter um caráter multicritério para contemplar aspectos ligados à sustentabilidade.

### **1.1 Definição do problema**

O problema que a presente pesquisa visa responder é: como o potencial de inovação sustentável das pesquisas científicas em biotecnologia pode ser avaliado? Esta problemática é um avanço nos estudos sobre avaliação da inovação, pois muda o enfoque clássico das

---

<sup>1</sup> Segundo o Manual de Frascati 2002, o termo PD&I abrange três atividades: a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental (OCDE, 2013).

pesquisas na área, que em geral tem como objeto a inovação nas empresas, nas inter-relações organizacionais ou nas políticas públicas para o fomento da atividade inovadora. A intenção teórica desta pesquisa foi desenvolver uma proposta metodológica através da construção de um índice multicritério que evidencie o potencial de inovação que os resultados de uma pesquisa científica podem gerar, considerando aspectos ligados à sustentabilidade. Os objetos de estudo, portanto, são as pesquisas científicas, em especial, aquelas que podem ser utilizadas para a melhoria ou desenvolvimento de novos produtos.

## **1.2 Objetivos**

A partir da definição do problema central da presente pesquisa, os objetivos gerais e específicos do estudo serão descritos a seguir.

### *1.2.1 Objetivo geral*

O objetivo geral desta pesquisa é elaborar um índice para avaliação do potencial de inovação sustentável de pesquisas científicas no campo da biotecnologia utilizando a abordagem multicritério.

### *1.2.2 Objetivos específicos*

Para alcançar o objetivo geral proposto a presente pesquisa está dividida em etapas com os seguintes objetivos específicos:

- Identificar, através de revisão de literatura, um modelo conceitual para avaliação do potencial de inovação sustentável;
- Aplicar a metodologia multicritério mais adequada para modelagem de um índice a partir do modelo conceitual escolhido;
- Avaliar pesquisas com potencial de inovação realizadas por pesquisadores vinculados ao Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBIOTEC) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), utilizando o índice proposto.

## **1.3 Justificativa**

A presente proposta de pesquisa é relevante na medida em que um número significativo de pesquisas, em todos os campos do conhecimento, permanece restrito ao ambiente acadêmico, mesmo que os resultados obtidos permitam aplicações práticas em diversos setores produtivos. Este cenário não é desejável, na medida em que a inovação, fator determinante para a competitividade das organizações, mercados e nações, depende da

geração e transferência dos novos conhecimentos para o setor produtivo a fim de criar ou melhorar produtos, processos e/ou tecnologias. Neste contexto, há uma perda econômica causada pelo baixo nível de interação entre o setor produtivo e as Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICTIs) devido ao não aproveitamento econômico do conhecimento produzido.

No setor de biotecnologia há uma forte dependência da viabilidade econômica das empresas em relação aos investimentos em PD&I devido à rápida evolução das inovações neste setor. No estado do Amazonas, a biotecnologia é uma alternativa econômica relevante para o planejamento estratégico regional, podendo servir de modelo econômico complementar ao Polo Industrial de Manaus (PIM). Este fato deve-se a Região Amazônica ser um *hotspot* de biodiversidade que serve de objeto de estudo em pesquisas biotecnológicas (ARAGON, 2010).

A construção de um índice de potencial de inovação sustentável permitirá apontar quais as pesquisas biotecnológicas realizadas e em desenvolvimento possuem maior chance de sucesso no mercado, podendo trazer como benefícios: a diminuição de riscos na alocação de investimentos em PD&I; servir de ferramenta gerencial para aproximação e interação entre o setor produtivo e os ICTIs; servir de ferramenta de planejamento de pesquisas com enfoque mercadológico; servir de ferramenta para priorização de tecnologias que possuam maior grau de sustentabilidade.

A originalidade da pesquisa está situada na intersecção de três pilares fundamentais. O primeiro pilar é a busca por avaliar a inovação pelo enfoque da sustentabilidade, enquanto que na literatura ainda busca-se esclarecer a relação entre tais conceitos. Segundo pilar é o fato dos objetos de estudo serem as pesquisas realizadas ou em desenvolvimento, sendo que na maior parte da literatura, os objetos de avaliação da inovação são países, empresas, setores econômicos, arranjos produtivos ou políticas públicas. E o terceiro pilar é o uso de uma técnica multicritério de tomada de decisão para sintetizar um índice de inovação.

O ineditismo da presente pesquisa pode ser avaliado sob dois aspectos: *locus*<sup>2</sup> e *focus*<sup>3</sup> (KEINERT, 2007). O *locus* do estudo será a produção científica gerada pelos pesquisadores vinculados ao Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas (PPGBIOTEC/UFAM), tais como docentes, discentes e parceiros institucionais. Desde a criação do curso em 2001, as pesquisas produzidas no âmbito

---

<sup>2</sup> O *locus* é o que delimita o território a ser explorado, definindo o objeto da pesquisa (KEINERT, 2007).

<sup>3</sup> O *focus* é a perspectiva teórica que coloca à disposição conceitos para selecionar e interpretar os fatos reais e as observações relevantes. O *focus* é o instrumento analítico utilizado para analisar o objeto de pesquisa (KEINERT, 2007).

do curso não foram objeto de avaliação sob o enfoque da inovação. Do ponto de vista do *focus*, não há estudos utilizando a metodologia *Analytic Network Process* para avaliar o potencial de inovação sustentável.

#### **1.4 Delimitação da pesquisa**

O estudo teve como objeto pesquisas biotecnológicas desenvolvidas por pesquisadores vinculados ao PPGBIOTEC/UFAM – discentes e docentes – e seus parceiros institucionais. As pesquisas desenvolvidas no âmbito do programa não possuem um fim em si mesma, ou seja, depois de concluídas na forma de teses, dissertações e artigos são continuadas por outros pesquisadores com enfoques diferentes. Desta forma, por exemplo, pesquisas científicas sobre o açaí (*Euterpe Oleracea*) são realizadas há anos por diversos pesquisadores, com enfoque diferentes e ligados de formas diferentes ao PPGBIOTEC/UFAM.

Logo, foram avaliadas os resultados de pesquisas científicas que tratavam de um objeto de estudo comum, tal como o açaí. O aglutinador utilizado foi o vínculo de algum dos pesquisadores envolvidos ao PPGBIOTEC/UFAM. Por este motivo buscou-se a cooperação do grupo de pesquisa Química de Biomoléculas da Amazônia (Q-Bioma), coordenado pelo Dr. Valdir Florêncio da Veiga Júnior, professor associado ao PPGBIOTEC.

As pesquisas escolhidas foram realizadas ou estavam em desenvolvimento até o ano de 2016. Os critérios de seleção foram dois. O primeiro foi o uso de alguma matéria-prima comumente encontrada no bioma amazônico e o segundo, as pesquisas científicas deveriam possuir potencial para transformar-se em inovação em produto nos setores de alimentos e cosméticos. A escolha dos setores se deve a maior disponibilidade e acesso a esses tipos de empresas em relação a empresas de outros segmentos com aplicação de biotecnologia.

#### **1.5 Hipóteses**

A presente tese tem como objetivo validar ou descartar a seguinte hipótese central do estudo:

- I. O índice proposto é eficiente para avaliação do potencial inovador sustentável de pesquisas em biotecnologia.

#### **1.6 Organização do trabalho**

O presente estudo está dividido em 9 (nove) seções. A Seção 1 possui a Introdução que apresenta o tema de pesquisa, a definição do problema, os objetivos, a justificativa, a delimitação do estudo, as hipóteses e a estrutura do trabalho. As Seções 2 e 3 abordam os

temas inovação, sustentabilidade, biotecnologia e a inter-relação entre eles. A Seção 4 faz uma revisão dos principais métodos, índice e indicadores para avaliação da inovação, da sustentabilidade e da inovação sustentável.

A Seção 5 faz uma revisão dos métodos multicritérios e as suas aplicações com destaque para o *Analytic Network Process* por ser a metodologia adotada neste trabalho. A Seção 6 detalha a metodologia planejada e implementada para a realização deste estudo, enfatizando as ferramentas e técnicas para a construção do índice. A Seção 7 apresenta a construção do índice de avaliação de inovação sustentável para avaliação do potencial de pesquisas em biotecnologia, através da modelagem do *Analytic Network Process* para o modelo conceitual escolhido.

A Seção 8 apresenta detalhadamente os estudos de casos múltiplos, descrevendo sucintamente a empresas que participaram da pesquisa, as pesquisas científicas avaliadas e os resultados obtidos. No final da Seção 8 é discutido os resultados obtidos nos estudos de casos, **a fim** de verificar a validade do índice proposto. A Seção 9 sintetiza os resultados principais da pesquisa, destacando as potencialidades e limitações do estudo e das suas aplicações.

## 2. INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Inovação e sustentabilidade são termos que surgiram no século XX e rapidamente tornaram-se recorrentes nos meios empresarial e acadêmico. Ambos os conceitos estão diretamente associados à evolução do conhecimento humano. O conhecimento desempenha um papel crucial no progresso econômico e a inovação possui papel central na “economia baseada no conhecimento” (OCDE, 2004a).

A partir da década de 1970, com o aumento dos debates sobre o uso dos recursos naturais e a saúde dos ecossistemas, a inovação passou a ter papel central na promoção do desenvolvimento sustentável através da criação e implementação de tecnologias mais adequadas às demandas ambientais e sociais. Serra *et al.* (2008) acrescenta que a articulação entre os conceitos de inovação e sustentabilidade ocorre porque a inovação tornou-se importante para a sustentabilidade das empresas modernas.

Nesta seção serão abordadas as diferentes definições de inovação, sustentabilidade e a inter-relação entre os conceitos que culminaram com o surgimento da abordagem de inovação sustentável.

### 2.1 Definições de inovação

A literatura apresenta diversos conceitos para o termo inovação (BRITO *et al.*, 2009). No entanto, preliminarmente ao entendimento correto sobre as diversas definições de inovação é preciso distinguir conceitos diretamente correlatos, tais como: ideia, descoberta, invenção e tecnologia.

O processo de inovação inicia-se pela geração de ideias. Stefanovitz e Nagano (2009) lembram que o desafio de inovar exige a criação de novas ideias, a superação de paradigmas tecnológicos e mercadológicos e um novo olhar sobre a realidade.

A etapa de ideação é fundamental para a qualidade da inovação produzida. Boas ideias são a matéria-prima da inovação (STEFANOVITZ, 2011). Dutta e Gurry (2012) destacam a importância da interação ao explicar que o fluxo de ideias e o acesso ao conhecimento entre os diferentes atores são fatores fundamentais para o crescimento da inovação, constituindo assim um ecossistema da inovação. Conceitualmente, a ideia é usada mais genericamente para descrever uma modificação profunda nos pontos de referência da sociedade ou da ciência (HOFF *et al.*, 2010).

As ideias passam por um longo processo, no qual o conhecimento é transformado em uma aplicação útil, o passo seguinte é a invenção. Ainda sim, a invenção é somente um passo

de um longo processo de disseminar e efetivamente usar uma boa ideia (THOMAS, 2009). Segundo Russo *et al.* (2012) e Bastos (2005), descoberta é a revelação de algo (fenômeno ou conhecimento) novo, mas já existente na natureza, determinada pela capacidade de observação do homem. Em visão oposta, Machado e Teixeira (2007) afirmam que os estudos mais recentes definem a descoberta não como a atualização de uma natureza escondida, mas como um método ou prática interpretativa utilizada pelos cientistas para dar sentido racional aos acontecimentos.

As descobertas em algum momento podem transformar-se em invenções. A invenção se refere à criação de um processo, técnica ou produto inédito, sem, contudo, ter uma aplicação comercial efetiva (TIGRE, 2006). De forma mais prática, pode-se afirmar que a invenção é uma concepção resultante do exercício da capacidade de criação do homem, que, com sua interferência na natureza propõe a solução para um problema específico para atender a determinadas necessidades humanas (RUSSO *et al.*, 2012).

Apesar da importância as invenções não garantem resultado econômico. Mesmo que patenteadas, a invenção pode não conduzir necessariamente à inovação (MARQUES E ABRUNHOSA, 2005), uma vez que a inovação apenas ocorre com a efetiva aplicação prática de uma invenção (TIGRE, 2006). Dessa forma Schumpeter (1934) decreta que enquanto não forem levadas à prática, as invenções são economicamente irrelevantes.

As ideias, descobertas e invenções precedem a inovação (SERRA *et al.*, 2008; RUSSO *et al.*, 2012). Apesar disso, o conceito de inovação tornou amplamente associado ao termo tecnologia. Segundo Silveira e Bazzo (2009), a tecnologia nasceu quando a ciência, a partir do renascimento, aliou-se à técnica, com o fim de promover a junção entre o saber e o fazer (teoria e prática). Esta visão é reforçada pela opinião de Veraszto *et al.* (2008) que explica que a palavra tecnologia provém de uma junção do termo *tecno*, do grego *techné*, que é saber fazer, e *logia*, do grego *logus*, razão. Em abordagem similar Gilbert (1995) e Silveira e Bazzo (2009) explicam que a tecnologia representa tanto a soma de conhecimentos e capacidades para resolver problemas práticos importantes para a humanidade, quanto os objetos e sistemas que são resultados desses esforços de produção.

O desenvolvimento e transferência de tecnologias tornaram-se uma questão empresarial estratégica à medida que as vantagens competitivas passaram a ser baseadas no grau de inovação de produtos e processos em cada mercado específico. Esse processo levou a uma definição de tecnologia moderna que está inserida e foi produzida em um contexto social, político e econômico determinado (SILVEIRA e BAZZO, 2009).

Schumpeter (1934) é o autor clássico de inovação, responsável pela definição mais amplamente divulgada. No entanto, nos últimos anos o termo recebeu atualizações que estenderam a sua aplicação e aumentaram a complexidade para chegar à convergência. A evolução nas definições de inovação pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 – Definições de inovação.

AUTOR	DEFINIÇÃO
Schumpeter (1934)	Consiste na introdução de um novo produto no mercado significativamente diferente dos já existentes, implica uma nova técnica de produção e a abertura de um novo mercado.
Utterback (1971, p.77)	"(...) uma invenção que atingiu a fase de introdução no mercado no caso de um novo produto ou para novo processo, a fase do primeiro uso".
Quinn (1985, p.75)	"um processo interativo e tumultuoso [...] que liga uma rede mundial de fontes de saber às necessidades sutilmente imprevisíveis dos clientes".
Teece e Jorde (1990, p.76)	"(...) a busca, a descoberta, o desenvolvimento, a melhoria, a adoção e a comercialização de novos processos, produtos, estruturas organizacionais e procedimentos".
Livro Verde da Inovação (EUROPEAN COMMISSION, 1995)	Consiste na produção, assimilação e exploração bem sucedida da novidade nas esferas econômicas e sociais.
Tidd e Driver (2000, p.95)	"(...) pode ser vista como um conjunto de outputs respondendo a inputs, quer dizer, o modelo chamado "linear".
Barbieri (2003, p.44)	"(...), a inovação é um fato técnico, econômico, organizacional, simultaneamente."
Tálamo (2002 <i>apud</i> SERRA <i>et al.</i> , 2008)	É a disponibilização de uma invenção ao consumo em larga escala.
OCDE (2005)	Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.
Tigre (2006)	é a efetiva aplicação prática de uma invenção e para que a inovação ocorra, é necessária a preexistência dessa invenção.
Tidd, Bressan e Pavitt (2008, p.84)	"(...) é um processo de fazer de uma oportunidade uma nova ideia e de colocá-la em uso de maneira mais ampla possível."
PINTEC (IBGE, 2013)	A inovação se refere a produto e/ou processo novo (ou substancialmente aprimorado) para a empresa, não sendo, necessariamente, novo para o mercado/setor de atuação, podendo ter sido desenvolvida pela empresa ou por outra empresa/instituição.

Fonte: Adaptado de Serra *et al.* (2008); Brito *et al.*, (2009); Thomas (2009).

A maior parte das definições sobre inovação enfatiza a geração de produtos e processos novos ou melhorados. A OCDE (2005) incluem as inovações em marketing e

organizacionais como novos de tipos de inovação. Essas mesmas categorias são utilizadas por Serra *et al.* (2008) que adiciona, ainda, as inovações em serviços. Schumpeter (1934) inclui cinco possibilidades para a realização da inovação. O Quadro 2 resume os tipos de inovação, considerando como critérios as dimensões em a inovação pode ocorrer.

Quadro 2 – Tipos de inovações quanto a suas dimensões.

Autor	Schumpeter (1934)	Berreyre (1975 <i>apud</i> GOMEZ, 2005)	Manual de Oslo (OCDE, 2005)	PINTEC (IBGE, 2013)	Radar da Inovação (SAWHNEY <i>et al.</i> , 2011)
Tipos de Inovação	Produtos	Domínio Tecnológico	Produtos	Produtos Novos Produtos aperfeiçoados	Ofertas
	Novos métodos de produção	Domínio Tecnológico	Processos	Processos Novos Processos aperfeiçoados	Processos
	Novas fontes de matéria-prima e insumos	Domínio Tecnológico	-	-	Cadeia de Fornecimento
	-	Domínio Institucional Domínio Organizacional	Organizacional	Gestão	Organização
	Abertura de novos mercados Novas estruturas de mercado	Domínio Comercial	Marketing  Novos mercados  Novos canais Customização de ofertas Gestão de marcas Relacionamento com os clientes		Presença  Soluções  Marca Experiências de clientes  Clientes Captura de valor Rede Plataforma

Fonte: Adaptado de Costa e Garcia (2008).

No entanto, é recorrente na literatura outras definições quanto ao tipo de inovação, considerando como critério o grau de inovação (OCDE, 2005; SILVA, 2008; SERRA *et al.*, 2008; LONGANEZI *et al.*, 2008; PAIXÃO *et al.*, 2012). É notório, que boa parte dos autores enfatizam as inovações incrementais e radicais, pois são conceitos mais bem definidos e aceitos. No entanto, percebe-se o surgimento de novas categorias de análise nesse sentido, conforme resumido no Quadro 3.

Quadro 3 – Tipos de inovações quanto ao grau de inovação.

Tipo de inovação	Conceito
Inovação Incremental	O novo produto, serviço ou processo mantém as suas funções básicas, incorporando novos elementos em relação ao anterior (BAPTISTA, 1999), ou seja, objetiva-se melhorar o desempenho e a funcionalidade (LYNN e AKGÜN, 1998).
Inovação Radical ou Distintiva	O produto, serviço ou processo mantém as características daquele a partir do qual foi desenvolvido, apresentando novas características que proporcionam funções que não existiam no original (BAPTISTA, 1999).
Inovação de Transformação ou Revolucionária ou Disruptiva	Os produtos, serviços ou processos aparecem para satisfazer uma necessidade ou criar uma nova necessidade, sem qualquer relação com o que existia antes (BAPTISTA, 1999).
<i>Really new innovation</i>	Inovação que introduz uma macro descontinuidade seja tecnológica ou de mercado, nunca simultaneamente, caso contrário é caracterizada como radical (GARCIA e CALANTONE, 2002).
Inovação Arquitetural	Define-se pela reconfiguração dos sistemas que compõem um produto (BURGELMAN e MAIDIQUE, 1995 <i>apud</i> NASCIMENTO, 2009).

Fonte: Adaptado de Baptista (1999); Lynn e Akgün (1998); Garcia e Calantone (2002); Serra *et al.*, (2008); Longanezi *et al.* (2008); Nascimento (2009).

A classificação das inovações pela forma como são implementadas serve para explicitar como o conceito de inovação evoluiu desde a visão Schumpeteriana, basicamente linear, no qual os esforços de geração de ideias e invenções estavam polarizados nas universidades e centros de pesquisa, até os modelos mais recentes como *Open Innovation* e Sistemas Nacionais de Inovação que articulam uma quantidade maior de *stakeholders*<sup>4</sup> na formulação de estratégias tecnológicas e de políticas públicas para a promoção da inovação nos diversos países. No Quadro 4 é sintetizado os conceitos dos principais modelos de promoção da inovação.

<sup>4</sup>*Stakeholders* são as pessoas, instituições ou grupos de interesses ligados à atuação da empresa.

Quadro 4 – Tipos de inovações quanto ao grau de inovação.

Tipo de modelos	Conceito
Modelo Linear	"(...) realizada a pesquisa, pesquisa leva ao desenvolvimento, desenvolvimento à produção, e produção à comercialização" (KLINE e ROSENBERG, 1986).
Modelo Linear Reverso	No modelo linear reverso as universidades devem responder as demandas comerciais e utilizar o conhecimento comercial para geração de inovações (ETZKOWITZ, 2010).
Modelo Linear Assistido	No modelo linear assistido há a participação de mecanismo de transferência de conhecimento, ao contrário do modelo linear clássico. O conhecimento flui através de publicações, estudantes, conferências, incubadoras, capital de risco, entre outros (ETZKOWITZ, 2010; AUDY, 2006).
<i>Chain Liked-Model</i> – Modelo de cadeia ou Modelo Interativo	"(...) a inovação ocorre pela interação entre oportunidades de mercado e a base de conhecimentos e capacidades da empresa. Cada função geral envolve vários sub-processos e seus resultados são altamente incertos. Assim, não há uma progressão simples (...). Isto implica a necessidade de <i>feedback</i> entre todas as partes envolvidas no processo" (KLINE e ROSENBERG, 1986).
<i>Open Innovation</i> – Inovação aberta	"(...) para referir-se a inclusão da inovação como variável estratégica no modelo de negócio e que sua função seja criar e captura valor para a empresa. Nesta abordagem o processo de inovação é, acima de tudo, fruto do fluxo interno e externo de conhecimento e tecnologia, concomitantemente, depende da interação da empresa com os atores externos" (CHESBROUGH, 2003).
<i>National Systems of Innovation</i> (NSI) – Sistemas Nacionais de Inovação	Um NSI simplesmente significa todas as instituições e fatores estruturais inter-relacionados em uma nação que gerenciam, selecionam e difundem inovação (LUNDVALL, 2010).

Fonte: O autor.

No cerne das definições de inovação está a questão da comercialização, pois, conforme visto nas definições apresentadas, a inovação está diretamente relacionada com a adoção de uma novidade pelo mercado. Neste contexto, surge um termo central chamado difusão, conforme destacado no Manual de Oslo, a difusão do conhecimento e da tecnologia é parte central da inovação (OCDE, 2004a). Bell e Pavitt (1993) ensinam que a mudança tecnológica envolve duas principais atividades: a primeira refere-se à geração, desenvolvimento e comercialização de inovações significativas; a segunda baseia-se na aplicação dessas inovações nos processos produtivos e econômicos, sendo esta atividade conhecida como difusão de inovações.

O autor clássico Utterback (1971) afirma que a difusão é o mecanismo de comunicação e uso através do qual uma inovação vem a ter um impacto econômico e social significativo. Muniz (2000) acrescenta que a difusão tecnológica ocorre através de

um processo incremental e contínuo de mudança tecnológica, que promove a adaptação da inovação original a um sem-número de situações e o aperfeiçoamento contínuo das suas características e desempenho. Já Rogers (2003) define a difusão como um processo de comunicação social no qual as mensagens transmitidas estão relacionadas com novas ideias e envolve a inovação, os canais de comunicação, o tempo e o sistema social.

Na literatura científica é comum o uso da expressão *inovação tecnológica* como algo similar, mas que guarda diferenças quanto aos conceitos clássicos de inovação. Schumpeter (1934) não diferencia os termos, por restringir a inovação as categorias produto e processo. No entanto, a OCDE (2005) e a PINTEC (IBGE, 2013) utilizam o conceito de inovação tecnológica para inovações em produtos e processo, e inovações não tecnológicas para inovações organizacionais e de marketing. Saquette *et al.* (2010) apresentam a visão jurídica da questão ao citar que a Lei nº. 11.196 de novembro de 2005 (art. 17, parágrafo VI, inciso 1) define o termo inovação como a concepção de novo produto ou processo, ou agregação de novas funcionalidades ou características que implique em melhorias incrementais e ganho de qualidade ou produtividade, resultando em maior competitividade.

Devido à importância da inovação para o desempenho das organizações e suas respectivas cadeias de valor (SCHUMPETER, 1934; OCDE, 2005; SERRA *et al.*, 2008; BRITO *et al.*, 2009; PAIXÃO *et al.*, 2012) os *stakeholders* do processo de inovação passaram a buscar e alavancar a capacidade inovadora das empresas, otimizar a gestão do conhecimento tecnológico, desenvolver redes de cooperação, criar sistemas de inovação, aprimorar os mecanismos de difusão da inovação e as metodologias de avaliação do impacto de inovação.

A partir deste momento a gestão do conhecimento tecnológico e a promoção da capacidade inovadora das organizações tornaram-se objeto de análise de pesquisadores e empresas. O conhecimento tecnológico é o conhecimento de como fazer, saber fazer e improvisar soluções, e não apenas um conhecimento generalizado embasado cientificamente (VERASZTO *et al.*, 2008). Já a capacidade inovadora é o potencial interno de gerar ideias, identificar novas oportunidades de mercado e implementar inovações comercializáveis por meio da exploração de recursos e capacidades existentes na empresa (ADES, 2013). Calia (2005) e Jayathilake e Shuhua (2012) destacam que o termo *innovativeness* aparece na literatura especializada para referir-se às organizações com capacidade de promover inovações, através da combinação de orientação estratégica com comportamento e processo inovativos.

O desenvolvimento da capacidade inovadora das organizações e das nações está associado diretamente associado à construção de redes de conhecimento pautadas na integração de esforço e aprendizagem para geração de inovações (ADES, 2013; GARNICA e CONTRERAS, 2007; GALDAMÉZ *et al.*, 2009; CAPÓ-VICEDO, 2011).

## **2.2 Definições de sustentabilidade**

O advento de novos meios de produção a partir da Revolução Industrial acarretou no maior consumo dos recursos naturais e no aumento da geração de resíduos prejudiciais aos ecossistemas. No entanto, durante décadas essas questões não foram objetos de discussões por parte de empresas, universidades, sociedades e governos. Apenas com os primeiros sinais de esgotamento de matérias-primas e com o aparecimento dos efeitos negativos na qualidade de vida das pessoas, a questão ambiental emergiu como um desafio para as sociedades modernas.

No início do século XX o foco de empresas e nações estava no aumento da produção através do aumento da eficiência dos sistemas produtivos. As ideias que procuravam relacionar a ciência econômica com a ambiental, só começaram a tomar consistência a partir de 1950 (LIBRELOTTO, 2005).

A partir deste momento houve diversos eventos ligados ao tema que demonstravam o aumento da preocupação mundial quanto à sustentabilidade, tais como a conferência de Estocolmo em 1972 (LIBRELOTTO, 2005); Declaração de Cocoyok em 1974 (VAN BELLEN, 2002); Rio 92, em 1992, onde foi criada a Agenda 21 (VAN BELLEN, 2002); Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em 1997 no qual criou-se o Protocolo de Kyoto (DE GODOY, 2007); Conferência de Joanesburgo em 2002 (LAGO, 2007).

Nos anos de 1980, o termo “ecodesenvolvimento” e “desenvolvimento sustentável” convergiram suas propostas, apontando para a necessidade do equilíbrio entre os aspectos ambientais, sociais e econômicos (CASAGRANDE JR., 2004). A definição formal do termo desenvolvimento sustentável foi inicialmente discutida pela *International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN), no documento intitulado *World's Conservation Strategy* publicado em 1980 (TALBOT, 1980; VAN BELLEN, 2002; SICHE *et al.*, 2007). Neste documento o desenvolvimento é dito sustentável quando considera aspectos referentes às dimensões social e ecológica, bem como fatores econômicos, dos recursos vivos e não vivos e as vantagens de curto e longo prazo de ações alternativas (VAN BELLEN, 2002).

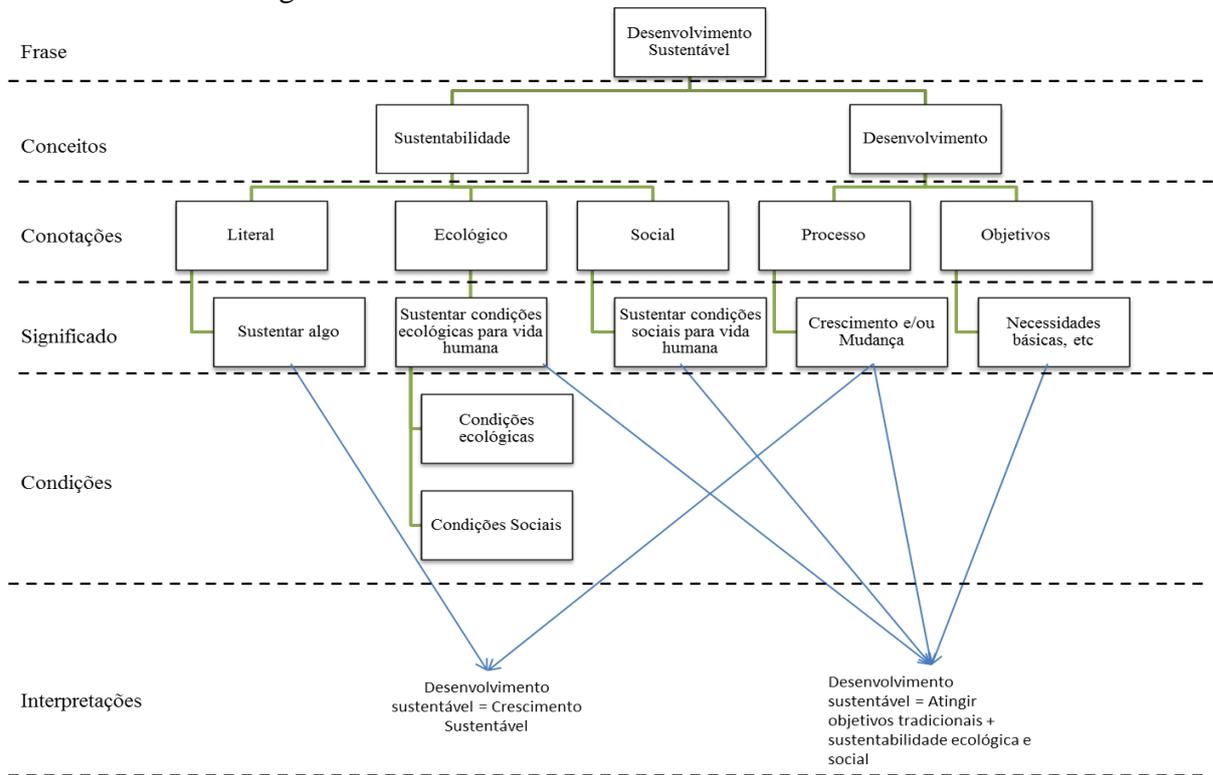
Sustentabilidade vem do latim “*sustentare*” que significa sustentar, suportar, conservar em bom estado, manter, resistir. Dessa forma, sustentável é tudo aquilo que é capaz de ser suportado, mantido (SICHE *et al.*, 2007). As principais ameaças para a sustentabilidade do sistema social, segundo Bossel (1999), derivam dos seguintes fatores principais: a dinâmica da tecnologia, a dinâmica da economia e a dinâmica da população.

Apesar desta simples definição literal, o termo é carregado de inspirações ideológicas diferentes, o que gera uma grande quantidade de debates sobre o tema. Dahl (1997) sustenta essa afirmação ao lembrar que o termo desenvolvimento sustentável é claramente um conceito carregado de valores, e existe uma forte relação entre os princípios, a ética, as crenças e os valores que fundamentam uma sociedade ou comunidade e sua concepção de sustentabilidade. Van Bellen (2002) afirma que apesar da grande quantidade de definições relativas ao conceito, ou talvez devido exatamente a este fato, não se sabe exatamente o que o termo significa.

Costanza (1991) e Van Bellen (2002) abordam a definição de desenvolvimento sustentável como um processo dinâmico e histórico de relação e reavaliação crítica entre o sistema econômico humano, a sociedade civil e um sistema maior, com taxa de mudança mais lenta, o ecológico. Sachs (1993) ratifica o caráter dinâmico do conceito da sustentabilidade, mas amplia a quantidade de envolvidos ao afirmar que deve considerar as necessidades crescentes das populações num contexto internacional em constante expansão. Bossel (1999) lembra que a sociedade e o meio ambiente sofrem mudanças contínuas e que as tecnologias, culturas, valores e aspirações se modificam constantemente, logo, uma sociedade sustentável deve permitir e sustentar estas modificações.

A partir da constatação da existência de múltiplas interpretações e correntes diferentes sobre o entendimento do conceito de desenvolvimento sustentável, Lelé (2005) investigou as diferentes semânticas do termo ao longo da sua construção conceitual, ao perceber como os termos *sustentabilidade* e *desenvolvimento* se articulam na formação das diferentes definições existentes, conforme apresentado na Figura 1. Lelé (2005) destaca que muitos autores de sustentabilidade abordam seu significado como “a existência de condições ecológicas necessárias para suportar à vida humana em um específico nível de bem-estar através das futuras gerações”.

Figura 1 – A semântica do desenvolvimento sustentável.



Fonte: Adaptado de Lélé (2005).

Existem diversas definições recorrentes na literatura para sustentabilidade, uma das mais conhecidas afirma que o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades das gerações presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades (WCED, 1987). Em 1980, nos primeiros debates sobre o tema, desenvolvimento sustentável era definido como a modificação da biosfera e na aplicação de seus recursos para atender às necessidades humanas e aumentar a sua qualidade de vida (TALBOT, 1980). A *Global Footprint Network* (2014) responsável pelo desenvolvimento do indicador Pegada Ecológica, um dos mais utilizados, afirma que sustentabilidade é uma ideia simples, baseada na quantificação das taxas de produção e consumo de recursos naturais, ou seja, em um mundo sustentável, a pressão da sociedade sobre a natureza deve estar dentro dos limites desta em responder de modo equilibrado.

Os conceitos anteriores foram desenvolvidos por instituições ligadas ao tema ambiental. Entre os teóricos há diferentes linhas de pensamento. Elkington (1998) aproxima-se da definição da WCED (1987) ao afirmar que a sustentabilidade é o princípio que assegura que nossas ações hoje não limitem o alcance das opções econômica, social e ambiental para as futuras gerações. Casagrande Jr. (2004) destaca que a sustentabilidade sócioambiental somente poderá ocorrer quando implantar-se ações sistêmicas capazes de transformar

modelos tecno-econômicos cartesianos em resoluções que promovam a real qualidade de vida. Esta visão com foco no equilíbrio é predominante na definição da *Global Footprint Network* (2014).

Cavalcanti (1997) adota uma postura crítica em relação a estas definições ao afirmar que um dos princípios que está por trás de qualquer política que promova o desenvolvimento sustentável é que o desenvolvimento implica, em menor ou maior grau, de alguma forma de degradação do meio ambiente. No entanto, Siche *et al.* (2007) ponderam que a sustentabilidade está ligada à preservação dos recursos produtivos e à autoregulação do consumo desses recursos, eliminando o crescimento descontrolado obtido ao custo de elevadas externalidades negativas (sociais e ambientais).

No que se refere ao esforço da sociedade na preservação dos recursos naturais, Turner *et al.* (2007) definiu sustentabilidade forte e fraca. Sustentabilidade fraca deriva da percepção de que o bem estar pode ser mantido pela substituição do capital natural pelo capital humano. Sustentabilidade ambiental forte deriva da percepção de que a substituição do capital natural pelo capital humano é fortemente limitada por características ambientais, como irreversibilidade, incerteza e existência de serviços indispensáveis ao bem estar da biosfera.

As múltiplas definições de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável acarretam em diferenças significativas nos critérios utilizados por cada corrente teórica para considerar o nível de sustentabilidade de determinada sociedade ou instituição. Segundo Sachs (1993) a sustentabilidade tem como base cinco dimensões principais, que são a sustentabilidade social, a econômica, a ecológica, a geográfica e a cultural. Seghezze (2009) afirma que sustentabilidade pode ser melhor entendida em termos de “Local”, “Permanência” e “Pessoas”. Local contém três dimensões de espaço, Permanência é a quarta dimensão do tempo e a categoria Pessoas representa a quinta dimensão, a humana.

O Quadro 5 sintetiza as diferentes dimensões utilizadas para definir a sustentabilidade de países e sociedades nas principais abordagens ligadas aos indicadores de sustentabilidade<sup>5</sup> e aos eventos mais relevantes sobre a temática ambiental. Nota-se uma forte presença das dimensões econômica, ambiental e/ou ecológica e social nas diferentes definições. Todavia, fatores políticos, culturais e espaciais possuem presença recorrente. No entanto, deve-se destacar que cada definição possui critérios e variáveis específicas para cada dimensão, dessa forma, o que é uma dimensão em uma definição pode ser abordada como um subcritério de uma dimensão maior em outra definição.

---

<sup>5</sup>O tema indicadores de sustentabilidade é abordado de forma mais detalhada na sessão 4 deste trabalho.

Quadro 5 – Dimensões da sustentabilidade em diferentes definições.

autor	Agenda 21 (UNITED NATIONS, 1992)	Sachs (1993)	WCED (1987)	<i>Dashboard of Sustainability</i> (VAN BELLEN, 2004)	Bossel (1998)	Caporal e Costabebe (2002)	Seghezzeo (2009)
Dimensões da sustentabilidade	Econômica	Econômica	Econômica	Econômica	Econômica	Econômica	
	Ambiental	Ecológica	Ambiental	Ambiental	Ambiental Ecológica	Ecológica	
	Social	Social	Social	Social	Social	Social	Pessoas
		Geográfica					Lugar
	Institucional	Cultural			Cultural Material Legal Política Psicológica	Cultural  Política  Ética	Temporal

Fonte: o autor.

Com a popularização do termo sustentabilidade as organizações empresariais passaram a perceber a emergência de adequar seus processos e produtos às novas demandas ambientais e sociais para tornarem-se sustentáveis. Segundo Barbieri *et al.* (2010), organização sustentável é a que simultaneamente procura ser eficiente em termos econômicos, respeitar a capacidade de suporte do meio ambiente e ser instrumento de justiça social, promovendo a inclusão social, a proteção às minorias e grupos vulneráveis, o equilíbrio entre os gêneros.

Nesse contexto, a inovação é um mecanismo imprescindível para promoção da sustentabilidade nos produtos, serviços, processos e tecnologias atuais. Dessa forma, o grande desafio das organizações está em incorporar a sustentabilidade ao desenvolvimento de inovações, bem como nas suas estratégias de negócio, a fim de obter, cada vez mais, vantagens competitivas (KNEIPP *et al.*, 2011).

### 2.3 Inovação sustentável

Os estudos sobre a relação entre inovação e sustentabilidade são relativamente recentes, com a origem das principais abordagens situadas nos anos de 1990. Este fato leva a

uma maior complexidade na definição do termo inovação sustentável. Segundo Boons e Lüdeke-Freund (2013) obter uma visão geral é complicado, porque a literatura sobre inovação sustentável é dificultada pela falta de consenso conceitual. Todavia, Baumgarten (2008) afirma que estudos na temática das relações entre ciência, tecnologia e sustentabilidade vêm assumindo importância crescente.

Kneipp *et al.* (2011) realizaram um estudo bibliométrico sobre o termo inovação sustentável na base de dados científica *Web of Science* a partir da consulta às publicações no período de 2000 a 2011. Neste estudo, foi verificado que o número de publicações científicas sobre o tema aumentou 473% no período pesquisado, com destaque para os Estados Unidos com 23% do total de estudos e foram identificados como *hot topics*<sup>6</sup> ligado à inovação sustentável os termos: *Development* (Desenvolvimento), *Management* (Gestão) e *Technology* (Tecnologia).

No campo empresarial a inovação e as questões socioambientais passaram a possuir papel central para o desenvolvimento sustentável das empresas (GIOVANNINI e KRUGLIANSKAS, 2008; KNEIPP *et al.*, 2011). Devido a essa percepção as organizações passaram a preocupar-se mais com os impactos gerados sobre os sistemas sociais e ambientais pelas inovações produzidas, o que tornou o processo inovador mais complexo. Nesse sentido o entendimento sobre o processo inovador se amplia para se adequar e envolver não somente os critérios econômico e produtivo, mas também o ambiental e social (TIDD, BESSANT e PAVITT, 2008; ALMEIDA, 2007).

Neste contexto, Daroit e Nascimento (2004) justificam a preocupação com a sustentabilidade no processo de inovação através de quatro proposições: i) As inovações ambientais em produtos, processos, e serviços nos sistemas de produção buscam maior eficiência econômica das operações produtivas; ii) Quanto mais voltada uma organização estiver para o desenvolvimento sustentável, maior o equilíbrio entre interesses ambientais, sociais e econômicos na geração de inovações; iii) O desenvolvimento sustentável legitima a organização ao atender um número maior de *stakeholders*; iv) A complexidade tecnológica e, portanto, de geração de inovações aumenta com a inserção de preocupações ambientais e sociais, além das econômicas.

Segundo Oliveira e Ipiranga (2009), a “inovação sustentável” surge da gestão socioambiental, conectando as dimensões ambientais com as econômicas e sociais. Hansen *et*

---

<sup>6</sup> Tópico exclusivo com alcance não apenas na sua própria área de pesquisa e provavelmente tem efeitos de aplicação ou características únicas (KNEIPP *et al.*, 2011).

*al.* (2009) definem inovações orientadas para a sustentabilidade como inovações que podem agregar valor positivo para o capital global (econômico, ambiental e social) da empresa.

Yoon e Tello (2009) afirmam que inovação sustentável é o desenvolvimento de novos produtos, processos, serviços e tecnologias que contribuem para o desenvolvimento e bem-estar das necessidades humanas e instituições, respeitando os recursos naturais e sua capacidade regenerativa. Hall e Vredenburg (2003) corroboram com essa definição ao destacarem que estratégias que integram os objetivos da inovação e do desenvolvimento sustentável são necessárias por parte das organizações. Em contraste aos modelos tradicionais, dirigidos unicamente para as demandas do mercado (*market-driven innovations*), as inovações sustentáveis devem incorporar e adicionar restrições sociais e pressões ambientais bem como considerar as futuras gerações.

Sartorius (2005) diferencia inovações comuns das inovações sustentáveis ao afirma que estas poderiam ser basicamente definidas da mesma forma que as inovações comuns, porém com a importante restrição que o aumento da eficiência não permite violar as regras de sustentabilidade escolhidas.

O termo eco-inovação é utilizado por vários autores com sentido similar a inovação sustentável (BOONS e LÜDEKE-FREUND, 2013). Çoban *et al.* (2012) definem eco-inovação como a aplicação de inovações para reduzir os custos ambientais. Hellström (2007) ao investigar a estrutura dos diferentes conceitos de eco-inovação constatou que há uma convergência na definição do termo como melhorias incrementais nos processos e/ou a substituição de componentes ou produtos já existentes com alternativas ambientalmente mais responsáveis.

Kemp e Pearson (2007) propõe uma definição de eco-inovação baseada no conceito presente no Manual de Oslo, no qual o termo refere-se à produção, assimilação e exploração de um produto, processo de produção, de serviços ou de gestão ou método de negócio que é novo para a organização e que resulta ao longo do seu ciclo de vida, em uma redução do risco ambiental, poluição e outros impactos negativos da utilização dos recursos em comparação com as alternativas existentes. Em visão semelhante Huppel *et al.* (2008) explicam que eco-inovação é uma *subclasse* da inovação.

A relação teórica entre sustentabilidade e inovação sustentável ou eco-inovação fica evidente ao perceber as diferenças entre as dimensões<sup>7</sup> utilizadas pelas abordagens sobre a definição de sustentabilidade. No que se refere à inovação sustentável este debate de

---

<sup>7</sup> Conforme Quadro 5.

categorias de análise é mais recente e menos convergente. Boons e Lüdeke-Freund (2013) subdividem a análise da sustentabilidade das inovações em três níveis de análise: organizacional, inter-organizacional e societal. Em outra proposta metodológica, Hansen *et al.* (2009) identificaram na literatura existente três dimensões para avaliar as inovações orientadas para a sustentabilidade: a dimensão objetivo (*target dimension*), a dimensão do ciclo de vida do produto (*the product life cycle dimension*), e a dimensão necessidade (*need dimension*). Huppes *et al.* (2008) consideram em seu *framework* as dimensões socioeconômica, ambiental, cultural, institucional e política.

No campo empresarial, onde a inovação de fato se realiza, as inovações sustentáveis são utilizadas para obtenção de vantagens competitivas e a construção de modelos de negócios baseados na sustentabilidade (CHARTER e CLARK, 2007; BOONS e LÜDEKE-FREUND, 2013). Tukker (2004) enumera oito formas de modelar o modelo de negócio para atingir a sustentabilidade. Porém, o entendimento dos fundamentos da sustentabilidade é uma dificuldade para seleção de inovações baseadas em critérios socioambientais e para formulação de modelos de negócios adequados. Para quebrar este paradigma Barbieri *et al.* (2010) destaca que a sustentabilidade dos negócios precisa ser vista como uma contribuição efetiva para o desenvolvimento sustentável.

No Brasil, Kummer (2013) em seus estudos evidenciaram o caráter incipiente e informal das ações desenvolvidas pelas empresas nacionais quanto à integração dos princípios de sustentabilidade em suas inovações. Casagrande Jr. (2004) afirma que no modelo brasileiro, em alguns casos, a extração da matéria-prima, o transporte, a produção, a distribuição e a comercialização dos produtos estariam fundamentados em princípios ecológicos que seriam acompanhados de um selo eco-social. Ou seja, sem a integração de todas as dimensões da sustentabilidade, sendo ações ambientais ou sociais pontuais ao longo da cadeia produtiva.

### 3. BIOTECNOLOGIA, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

A relação entre biotecnologia e inovação é estreita devido os esforços de pesquisa inerentes ao setor para geração de resultados com potencial econômico. Powell *et al.* (1996) destacam que a indústria de biotecnologia é intensiva de conhecimento e depende de pesquisa, desenvolvimento, inovação e tecnologia para manter-se competitiva.

Nesta seção são abordadas as características da biotecnologia enquanto área de conhecimento e setor econômico<sup>8</sup>. Em seguida é apresentada a relação entre inovação e biotecnologia sob o ponto de vista da sustentabilidade.

#### 3.1 Definições de biotecnologia

O uso de organismos vivos para a fabricação de produtos ou realização de processos produtivos é uma tradição milenar que remete a pelo menos 4000 a.C. (AZEVEDO *et al.*, 2002; CARRER *et al.*, 2010). No entanto, apenas no século XX, a biotecnologia conquistaria avanços com o desenvolvimento de técnicas que possibilitariam a manipulação direta dos genes dos seres vivos, a chamada engenharia genética (AZEVEDO *et al.*, 2002).

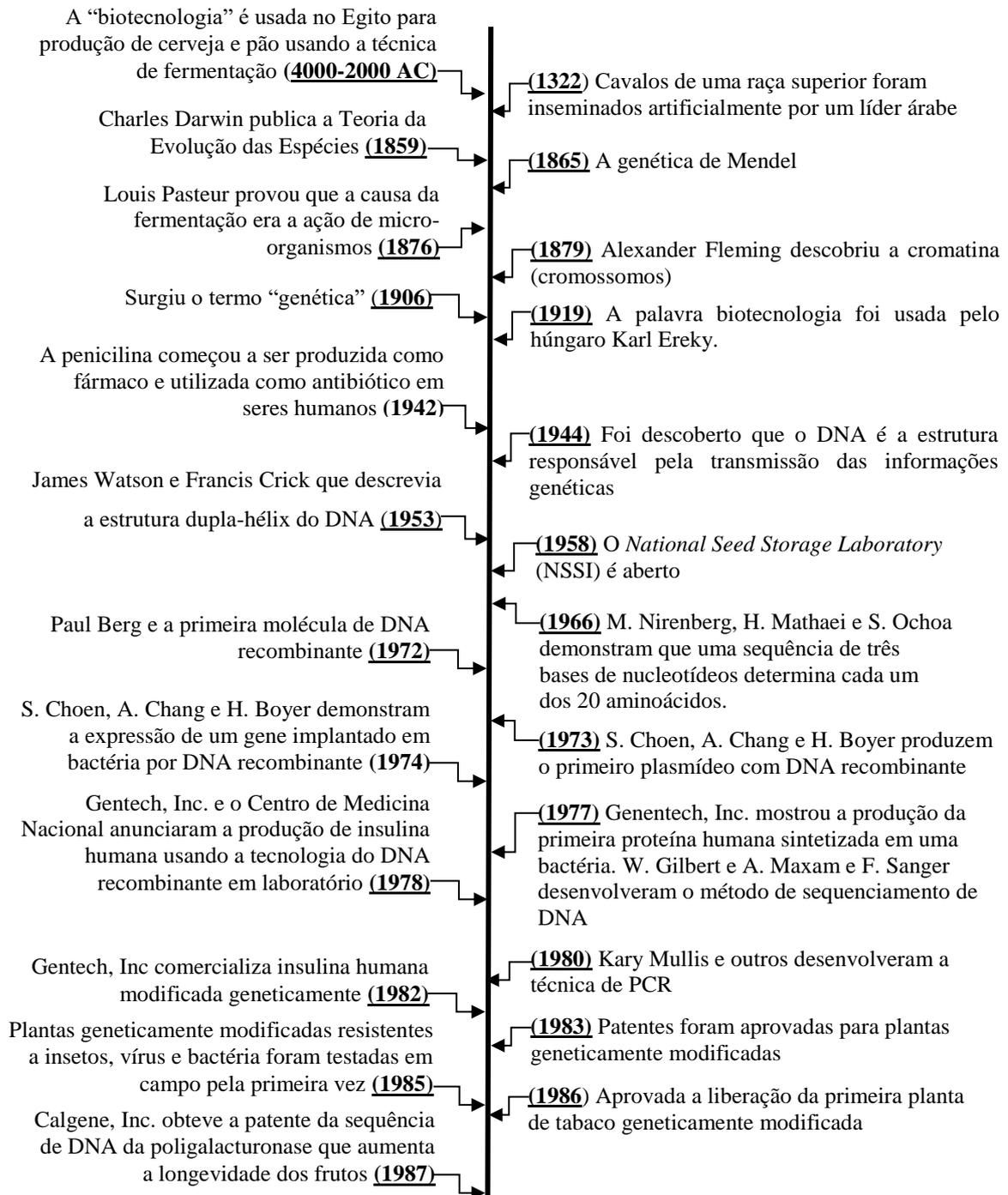
Segundo Fári e Kralovánszky (2006), historicamente o pai do termo biotecnologia foi o engenheiro húngaro Karl Ereky ao utilizá-lo no seu livro publicado em Berlim em 1919, intitulado *Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Grossbetriebe* (Biotecnologia da carne, gordura e produção de leite em uma fazenda agrícola de larga escala). Cunha e Melo (2006) destacam que a análise etimológica do termo biotecnologia remete ao grego, com a junção de *bio* (vida), *logos* (conhecimento) e *tecnos* (utilização prática).

A Figura 2 a apresenta alguns dos marcos mais importantes para o desenvolvimento da biotecnologia. A partir dos estudos de Charles Darwin (1859) houve uma aceleração no número de descobertas científicas relevantes que modificaram a relação do homem com as demais espécies, no sentido de utilizar os conhecimentos biológicos obtidos para a geração de soluções aos problemas práticos da vida humana. O trabalho de James Watson e Francis Crick de 1953 no qual descreviam a estrutura em dupla-hélice do DNA é tido como o marco para o surgimento da biotecnologia moderna.

---

<sup>8</sup> Biotecnologia não é uma indústria em si, mas um conjunto de tecnologias com potencial para transformar vários campos (POWELL *et al.*, 1996).

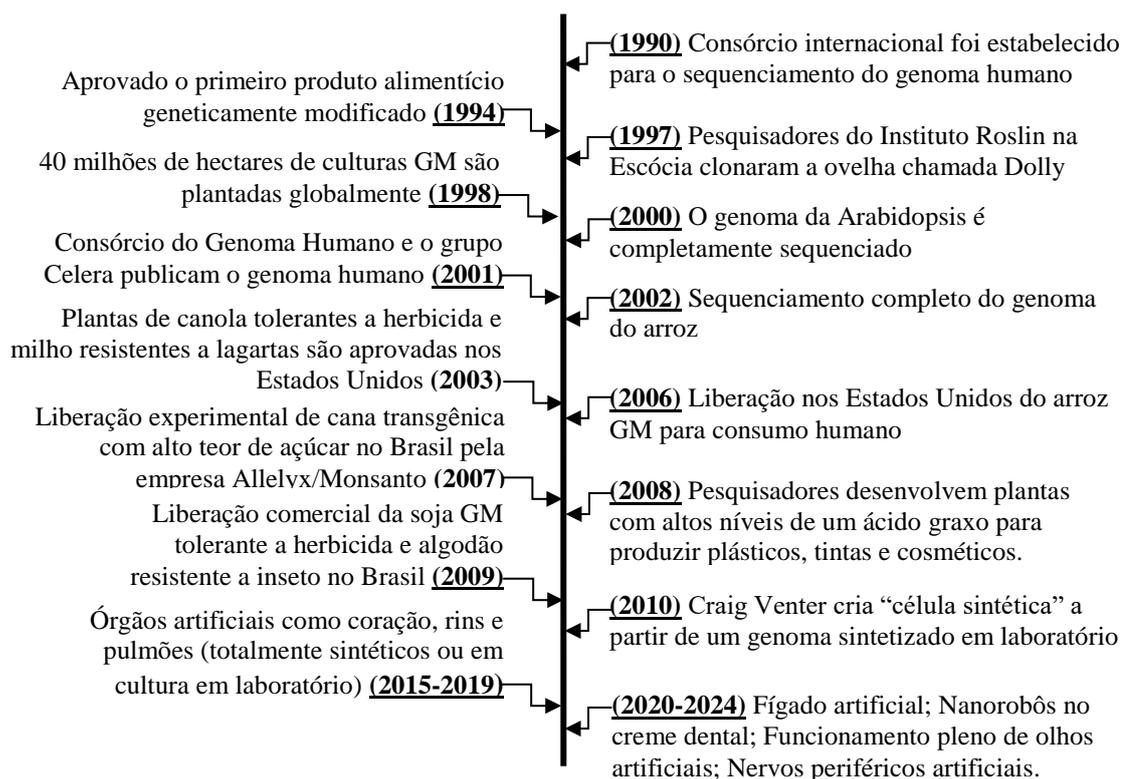
Figura 2a – Evolução cronológica da biotecnologia: Antes do Projeto Genoma.



Na década de 1980 foi lançada pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (*Department of Energy* – DOE) uma proposta ousada de pesquisa que poderia impulsionar o conhecimento sobre genética e biologia molecular: o Projeto Genoma Humano (PGH). Em torno dessa proposta, formou-se em 1989 um consórcio público internacional, liderado pelo *National Human Genome Research Institute* (NHGRI), sendo o líder do projeto, até 1992, James Watson (GÓES e OLIVEIRA, 2014). Apesar da grande expectativa em torno do PGH e

do projeto ter alcançado os objetivos propostos (sequenciamento de um genoma-referência composto por genomas de diferentes povos), os resultados não permitiram o surgimento imediato de aplicações revolucionárias a partir deste estudo. A Figura 2b apresenta a evolução da biotecnologia após o início do projeto genoma, bem como perspectivas futuras.

Figura 2b – Evolução cronológica da biotecnologia: Depois do Projeto Genoma e perspectiva futuras.



Fonte: Adaptado de Cetron (2009), Carrer *et al.* (2010) e Ferro (2010).

A biotecnologia moderna (a partir de 1953) surgiu em um contexto ideológico muito favorável à economia de mercado, um momento em que esta se afastava dos setores produtivos baseados no petróleo, nos automóveis e na motorização e procurava domínios onde sustentar um novo ciclo de aumento da riqueza material (GARCIA e MARTINS, 2009).

Nos Estados Unidos foram fundadas as primeiras companhias de biotecnologia em meados dos anos 70 (AZEVEDO *et al.*, 2002). Os esforços empregados por essas empresas, a partir dos anos 80, levaram à descoberta e à fabricação dos primeiros produtos comerciais derivados da biotecnologia, como insulina, hormônio de crescimento humano, ativador plasminógeno de tecidos e outros polipeptídeos e proteínas biologicamente ativos (MAYOR, 1992).

Biotecnologia é um termo recorrente tanto no meio científico quanto empresarial, todavia há diferentes interpretações para o termo que se dividem basicamente em duas correntes: com enfoque para a tecnologia (conhecimento, técnicas, ferramentas) e com enfoque e para aplicação (setor produtivo, produtos, processos). Cunha e Melo (2006) esclarecem que desde que foi empregado pela primeira vez, o termo biotecnologia tem sido aplicado a várias situações e nos mais diferentes contextos. Na prática, a escolha de uma só definição de biotecnologia é complicada, devido haver diferentes significados atribuídos ao conceito nos diferentes setores de aplicação (BIOTECSUR, 2005).

Na década de 1990, Mayor (1992) definiu as biotecnologias como “todos os processos de transformação de matérias-primas renováveis, e os de produção, mediante cultivos celulares microbianos, animais e vegetais, ou seus distintos componentes, de numerosas substâncias úteis para a humanidade”. Neste período o governo norte-americano, através do Escritório de Avaliação de Tecnologia (*Office Technology Assessment – OTA*) definiu biotecnologia como um conjunto de técnicas biológicas, desenvolvidas através de décadas de pesquisa básica, que são aplicadas à pesquisa e desenvolvimento de produtos em diversos setores industriais existentes (U.S. CONGRESS, 1991).

Todavia, a definição mais utilizada para biotecnologia é a usada pela OCDE e que é utilizada em diversos relatórios internacionais sobre Ciência, Tecnologia e Inovação ou economia, bem como em pesquisas brasileiras como a PINTEC. Nessa conceituação clássica a biotecnologia se refere à aplicação da ciência e da tecnologia aos organismos vivos, assim como às suas partes, produtos ou modelos, para alterar o material vivo ou inerte, com a finalidade de produzir conhecimentos, bens ou serviços (OCDE, 2005; IBGE, 2013).

A OCDE (2005) distingue três tipos de biotecnologias: em produto<sup>9</sup>, em processo<sup>10</sup> e em empresa<sup>11</sup>. O enfoque tecnológico de Judice e Baêta (2005) para a biotecnologia define o termo como um conjunto de tecnologias habilitadoras (*enabling technologies*) que possibilitam utilizar, alterar e otimizar organismos vivos ou suas partes, células, organelas e moléculas, para gerar produtos, processos e serviços com aplicações econômicas em saúde humana e animal, agricultura e meio ambiente.

---

<sup>9</sup> Biotecnologia em produto é a produção de bem ou serviço, cujo desenvolvimento requer o uso de uma ou mais técnicas de biotecnologia (OCDE, 2005).

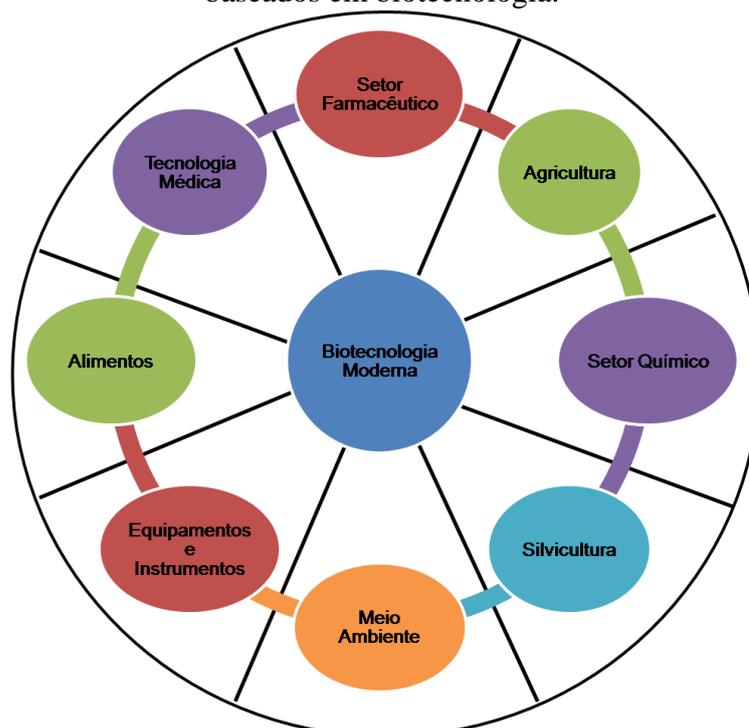
<sup>10</sup> Biotecnologia em processo é um processo de produção que utiliza uma ou mais técnicas de biotecnologia ou produtos derivados da biotecnologia (OCDE, 2005).

<sup>11</sup> Biotecnologia em empresa ativa é a empresa dedicada às atividades-chave de biotecnologia, com a aplicação de pelo menos uma técnica de biotecnologia para a produção ou a realização de P & D biotecnológica (OCDE, 2005).

Do ponto de vista legal, no Brasil o Decreto nº 6.041 de 8 de fevereiro de 2007 instituiu a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia que aborda a definição de biotecnologia como “um conjunto de tecnologias que utilizam sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados para a produção ou modificação de produtos e processos para uso específico” (BRASIL, 2007). Tal definição é compartilhada pelo MERCOSUL (BIOTECSUR, 2005). Ainda no campo institucional, o Conselho de Informações em Biotecnologia (CIB) define biotecnologia como “tecnologia que gera produtos e processos de origem biológica” (CIB, 2015). No âmbito internacional, em alinhamento a definição simplificada elaborada pelo CIB, o *Biotechnology Industry Organization* (BIO, 2008) afirma que biotecnologia é a tecnologia baseada na biologia, sendo mais precisamente, o uso de processos celulares e biomoleculares para resolver problemas ou fazer produtos úteis.

Brink *et al.* (2004) ao criticarem as definições de biotecnologia, em especial o conceito mais recorrente na literatura que é o utilizado pela OCDE, defendem que as definições de biotecnologia moderna devem considerar dois eixos principais: as áreas de conhecimento na biotecnologias e os campos de aplicação existentes (setores produtivos). A Figura 3 ilustra essa visão que o conhecimento gerado está diretamente associado a alguma aplicação prática.

Figura 3 – Eixos da biotecnologia: conhecimento (núcleo) e os setores que utilizam produtos baseados em biotecnologia.



Fonte: Adaptado de Brink *et al.* (2004).

O caráter eminentemente técnico da biotecnologia não significa que este campo do conhecimento esteja restrito a um conjunto específico de aplicações ou objetos de estudo, pelo contrário, Marquez (2007) afirma que, atualmente, a biotecnologia é tida como área multidisciplinar e permite a aplicação em inúmeros bens e serviços, a qual favorece o incremento de áreas como agricultura, alimentação, química, eletrônica, energia, meio, ambiente, pecuária, fármacos, indústrias plásticas, medicina dentre outras. Judice *et al.* (2005), BIOTECSUR (2005) e Marques *et al.* (2012) complementam ao destacarem o nível de integração científica da biotecnologia com áreas como genética, biologia molecular, bioquímica, ecologia, microbiologia, genômica, proteômica, bioinformática, tecnologias de DNAr, imunoquímica, informática, engenharias, além do direito, economia e administração.

### **3.2 Inovação e biotecnologia**

A relação entre inovação e biotecnologia é estreita em função, entre outros fatores, da origem acadêmica das primeiras empresas e produtos biotecnológicos. Desde a descoberta de Watson e Crick em 1953 ocorreu o fenômeno da explosão da inovação, crescimento e criatividade na indústria de biotecnologia (BIO, 2008).

No entanto, foi a partir da década de 1970 que o uso da biotecnologia expandiu-se para inúmeros campos de inovação e desenvolvimento de produtos (NICOL *et al.*, 2014) com o surgimento das primeiras empresas de biotecnologia fundadas por um ou por um conjunto de cientistas universitários que investiam no campo da PD&I em biotecnologia, deste modo, pode-se argumentar que a indústria de biotecnologia emergiu como um mercado de PD&I (PISANO, 1991). Essa característica, justifica os resultados obtidos nos estudos de McMillan *et al.* (2000) que indicam que a indústria de biotecnologia é ainda mais vinculada aos investimentos públicos em ciência do que outras indústrias.

A inovação é fundamental para a sustentabilidade empresarial no setor de biotecnologia (INOMATA, 2012). Portanto, a saúde da bioindústria depende de um processo contínuo e eficiente de inovação, para lidar com os principais desafios enfrentados por este setor, tais como: a necessidade de formação de recursos humanos para a inovação; readequação da legislação; criação de infraestrutura e investimentos consistentes, contínuos e de longo prazo, públicos e privados (FELIPE, 2007; MITTRA *et al.*, 2011).

No que refere-se ao surgimento da inovação biotecnológica, Gorbaneff *et al.* (2006) ao revisarem a literatura sobre o assunto identificaram três formas para ocorrência de inovação: i) empresa integrada a um sistema de inovação; ii) empresas fabricantes de produtos que buscam pesquisas biotecnológicas para melhoria de processos ou inovação de produtos; iii)

laboratórios de pesquisa que produzem conhecimento para que alguma empresa se interesse para aplicação industrial.

A inovação biotecnológica se estende da fase inicial, no qual consiste em pesquisa sobre uma ideia, e passa por vários estágios sequenciais de desenvolvimento até a uma fase distante que consiste na fase de entrega do produto comercial (INOMATA, 2012; NICOL *et al.*, 2014). Ao analisar a natureza da inovação neste campo, Powell *et al.* (1996) afirmam que a biotecnologia representa uma inovação de competência-destruidora, porque é construída sobre uma base científica que difere significativamente do conhecimento base estabelecido na indústria.

Uma das questões mais discutidas na literatura sobre inovação biotecnológica é a formação de estruturas e redes que melhorem o ambiente interinstitucional para geração de inovação. Mitra *et al.* (2011) afirmam que a complexidade das diferentes implicações da biotecnologia para várias partes do processo de PD&I de produtos criaram sistemas distribuídos e redes de inovação com a participação das empresas. Corroborando com essa percepção, Judice *et al.* (2005) destacam que os arranjos produtivos locais (APLs), aglomerados produtivos ou *clusters* têm sido considerados os formatos organizacionais característicos da biotecnologia. O aprimoramento desses sistemas permitiu que a biotecnologia fosse reconhecida pelos economistas da inovação como um *case* exemplar de estrutura de redes de inovação voltada para a inovação tecnológica (AZEVEDO *et al.*, 2002).

Mcmillan *et al.* (2000) justificam a necessidade de interação ao lembrar que as empresas de biotecnologia dependem claramente de uma grande quantidade de conhecimentos externos, como parte dos seus processos de inovação. Segundo Baetas *et al.* (2004) as fontes de inovação da moderna biotecnologia têm sido as universidades, os centros de pesquisa e as novas empresas de base biotecnológica.

Os autores Farid *et al.* (2012) e Wu (2013) identificaram como fatores críticos para aceleração do processo de inovação e melhoria do desempenho inovador na bioindústria a existência dos seguintes fatores internos nos sistemas de inovação: investimentos de capital público e privado, nível adequado de transferência tecnológica; empreendedorismo empresarial; orientação para aprendizagem; e formulação de uma estratégia de PD&I. Segundo Judice e Baêta (2005), na dimensão de empresa, individualmente, o desempenho inovador depende de uma combinação de fatores de competência científica e empresarial, como: noção de acesso a mercados, senso de factibilidade da área de pesquisa, capacidade de *networking*, parcerias e cooperações, capacidade de romper barreiras culturais, entre outros.

Em nível global há diversos *bioclusters*<sup>12</sup> importantes e em estágio avançado de desenvolvimento. No entanto, ao analisar a biotecnologia na América Latina, Hernández (2008) afirma que o atual nível de desenvolvimento desta não atende integralmente as reais necessidades de produção e ainda tem um baixo grau de inovação e criatividade científica. Nestes casos, há um processo de transição de pesquisas isoladas para o modelo de sistema de inovação. Sánchez-Mejía e Gutiérrez-Terán (2013) sugerem que a adoção da abordagem de um sistema de inovação para as redes de inovação em biotecnologia na América Latina é um processo de mudança necessário que exige conceituação, proposição e demonstração de resultados.

No Brasil, o entendimento da biotecnologia como alternativa econômica estratégica remete a década de 1980 com a valorização da engenharia genética, que a época era vista como uma oportunidade de colocar o país na condição de gerador de tecnologia em um setor de ponta (AZEVEDO *et al.*, 2002; MARQUES *et al.*, 2012). No entanto, Casagrande Jr. (2004) defende que no caso brasileiro ainda pouco se faz em prol do potencial da biotecnologia. A fim de mudar esse panorama nacional foram realizadas ações no setor, tais como: criação do Fórum de Competitividade em Biotecnologia em 2004 (FELIPE, 2007); criação da Rede Nordeste de Biotecnologia em 2004 (MARQUES *et al.*, 2012); criação da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia em 2007 (BRASIL, 2007); aumento das vagas em cursos de pós-graduação em biotecnologia (MARQUES *et al.*, 2012); criação da Rede Bionorte em 2008 (CELEDÔNIO FERNANDES *et al.*, 2014).

### 3.3 Sustentabilidade e biotecnologia

A relação com a sustentabilidade é discutida desde o início do surgimento da biotecnologia devido aos potenciais efeitos positivos que as novas tecnologias desenvolvidas podem trazer para aspectos ambientais, sociais e ambientais, tanto no contexto empresarial quanto macroeconômico (OCDE, 2005; SCHENBERG, 2010; MORRIS, 2011). No campo prático, a OCDE (2001) destaca a biotecnologia como uma tecnologia que pode contribuir para o desenvolvimento industrial sustentável, bem como outras áreas relevantes como nanotecnologia, energias renováveis e tecnologia da informação.

A aplicação industrial da biotecnologia cria custos e benefícios, sendo a sustentabilidade deste uso dependente de como a tecnologia é incorporada pelas sociedades e

---

<sup>12</sup> *Bioclusters* são entidades heterogêneas ligadas à biotecnologia, variando amplamente em termos de estrutura, evolução e objetivos. Elas formam um sistema local e complexo no qual diferentes tipos de organizações interagem em pesquisa e inovação para o crescimento econômico (ZECHENDORF, 2011).

ecossistemas, bem como do compartilhamento justo dos benefícios e custos entre os *stakeholders* (IAASTD, 2009).

Os setores econômicos com maior potencial de uso sustentável da biotecnologia são os ligados à produção e processamento de alimentos, geração de energia, produção química, plásticos, processamento de fibra natural, mineração e energia, prevenção da poluição ambiental e biorremediação, no entanto, estes não são os únicos (ZECHENDORF, 1999; OCDE, 2001; SCHENBERG, 2010). Nos processos de fabricação a biotecnologia pode colaborar para reduzir o desperdício, minimizar o uso de água, evitar a poluição por substâncias químicas nocivas e reduzir a geração de gases de efeito estufa (BIO, 2008). Nesse sentido a OCDE (2005) destaca que os impactos dessas atividades podem ser de natureza econômica, sociais ou ambientais.

De forma complementar, Vandamme e Bienfait (2004) esclarecem que a forma como a biotecnologia industrial combina o progresso econômico ao ecológico é bastante típico: o aumento da eficiência produtiva e a redução de custo dos processos biotecnológicos quase sempre resultam na redução do impacto ecológico o que melhora a competitividade das organizações.

De forma antagônica, Lyson (2002) defende que a biotecnologia e a economia neoclássica possuem sua essência baseada na redução da natureza em contraponto ao conceito de sustentabilidade que é não-reducionista. Em outra vertente da questão, Meyer (2010) argumenta que a biotecnologia não é por si só a melhor solução para alcançar a sustentabilidade, mas oferece inúmeras opções tecnológicas de fabricação que podem ser utilizadas ou desenvolvidas para uma produção mais sustentável. Tal assertiva, segundo Morris (2011) exige que os produtos atuais sejam adaptados, com uso da biotecnologia, para as demandas ambientais em nível global.

O setor agrícola possui destaque no que tange aos ganhos de sustentabilidade com a adoção de tecnologias provenientes da biotecnologia. Segundo Golle *et al.* (2009), tais ganhos são ligados à produtividade e à geração de resíduos, permitindo a redução da pobreza e o aumento da segurança alimentar nos países em desenvolvimento (SHARMA *et al.*, 2010). No contexto brasileiro, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) afirma que a utilização das técnicas inovadoras da biotecnologia tem contribuído para o aumento da qualidade de vida e o desenvolvimento social, econômico e ambiental (BRASIL, 2010).

Em sua análise, Lyson (2002) é contundente ao afirmar que em relação à produção de alimentos, as técnicas avançadas de biotecnologias têm potencial revolucionário em diversos

aspectos sociais, na medida em que podem determinar como, onde, quando e por quem os alimentos são produzidos, processados e consumidos.

No que diz respeito ao processo de desenvolvimento de novos produtos, a biotecnologia permitiu a obtenção de ganhos em custos e no desempenho ambiental que não poderiam ser alcançado usando processos químicos ou matérias-primas convencionais (OCDE, 2001).

Neste contexto, na América Latina desde a década de 1990 vem surgindo esforços de cooperação em rede para o desenvolvimento da biotecnologia com enfoque no uso sustentável dos recursos genéticos regionais visando promover a aplicação segura e responsável das tecnologias (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2011).

Todavia, é necessário haver instrumento para avaliação do impacto da biotecnologia sobre a sustentabilidade nos sistemas de produção. Resultados sustentáveis com a adoção da biotecnologia dependem da forma como a tecnologia é empregada pelos produtores e nos modelos de transferência de tecnologia para que o conhecimento não fique restrito as grandes organizações (IAASTD, 2009).

O desenvolvimento de tecnologias de biotecnologia exige investimento em PD&I e capacitação tecnológica o que pode levar a uma concentração dos meios de produção a um conjunto restrito de empresas. A seleção das tecnologias, por parte das empresas, que devem ser colocadas no mercado nem sempre é orientada para o melhor desempenho sustentável. Elliott (2006) afirma que as empresas estão concentrando os esforços em PD&I nos elementos mais lucrativo da biotecnologia, em vez de apoiar as aplicações que melhor promovam o desenvolvimento sustentável. Esta visão é apoiada por Vandamme e Bienfait (2004) que advertem que as vantagens ecológicas são um efeito colateral agradável, porém, não são suficientes para motivar os tomadores de decisão a introduzir uma nova tecnologia.

## 4. ÍNDICES E INDICADORES DE INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Nessa seção serão abordadas as principais metodologias de avaliação de inovação, sustentabilidade e inovação sustentável que utilizam o desenvolvimento de índices e indicadores como estratégia de mensuração. Neste contexto, será inicialmente abordado o marco conceitual de índices e indicadores a fim de embasar as discussões vindouras. As metodologias listadas e discutidas servem como referencial teórico para a construção do índice proposto nesta pesquisa.

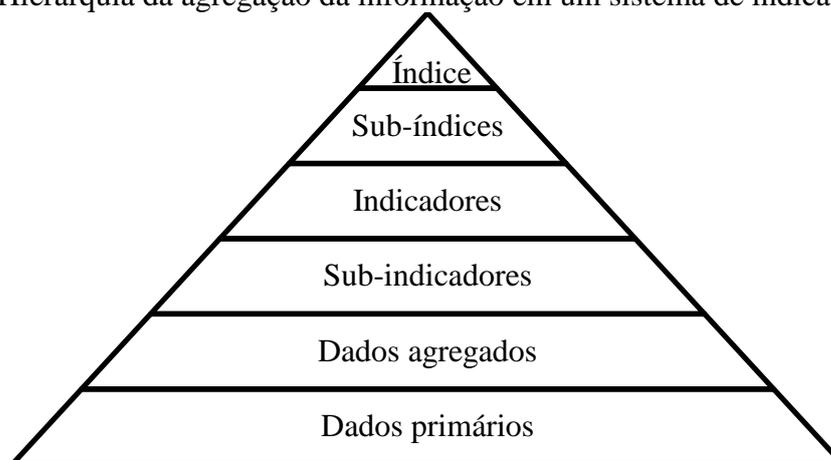
### 4.1 Índices e indicadores

A literatura sobre os conceitos de índices e indicadores apresenta certa confusão na definição dos termos, sendo que muitas vezes são erroneamente utilizados como sinônimos (SICHE *et al.*, 2007; RODRIGUES *et al.*, 2003). O termo indicador remonta ao verbo do latim *indicare*, ou seja, pode significar divulgar, apontar, anunciar, dar conhecimento público, estimar ou quantificar (HAMMOND, 1995). No campo prático, os primeiros indicadores foram criados nas grandes empresas do início do século XX, como a Ford, a GM e a Du Pont, visando o acompanhamento dos resultados das suas divisões (RODRIGUES *et al.*, 2003).

Nota-se que desde o início da construção de índices e indicadores sempre houve preocupação com o poder de representatividade da realidade que essas ferramentas devem apresentar. Sobre a taxonomia dos índices e indicadores, Rua (2004) evidencia que existem diferentes adjetivos utilizados para caracterizá-los: econômicos, sociais, gerenciais, de desempenho, de processo, de produto, de qualidade, de impacto, entre outros. A autora argumenta que tal classificação depende da natureza do objeto e do aspecto a ser avaliado, da metodologia de avaliação e do foco desta, entre outros fatores.

Neste contexto, há uma hierarquia na representatividade da informação, conforme proposto por Shields *et al.* (2002) e apresentado na Figura 4, na qual à medida que a informação vai sendo agregada cresce a capacidade de explicação dos fenômenos mensurados, em contrapartida, é reduzida a precisão da informação gerada. Hammond (1995) explica que índices globais estão no topo de uma pirâmide informacional, em cuja base estão os dados primários de campo, de várias naturezas, e, no meio, estão os indicadores que os capturam e comunicam acerca do objeto estudado.

Figura 4 – Hierarquia da agregação da informação em um sistema de indicadores.



Fonte: Adaptado de Shields *et al.*(2002).

Os indicadores são medidas, de ordem quantitativa ou qualitativa, ou seja, estatísticas, dotadas de significado particular e utilizadas para organizar e captar as informações relevantes sobre as tendências e comportamentos dos elementos que compõem o objeto ou fenômeno em observação, seguindo regras específicas de formulação (RUA, 2004; ROMERO *et al.*, 2005; FERREIRA *et al.*, 2009).

De forma simples, Mitchell (2006) argumenta que indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade. Ferreira *et al.* (2009) complementam ao argumentarem que trata-se de um recurso metodológico que informa empiricamente sobre a evolução do aspecto observado. Sobre o uso prático de indicadores, Siche *et al.* (2007) argumentam que o termo refere-se a um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise.

Rua (2004) descreve como necessário a viabilidade de mensuração de dados primários ou agregados para a construção de indicadores, já que enquanto medidas, os indicadores referem-se às informações oriundas de coleta com técnicas ou abordagens qualitativas ou quantitativas. Todavia, indicadores quantitativos, amplamente mais utilizados que os qualitativos, não são a expressão exata da realidade, mas um modelo empírico dela, para facilitar a comunicação e tornar pública e simples o entendimento da informação sobre um assunto complexo (LUZ *et al.*, 2006).

No que diz respeito aos atributos dos indicadores, Trzesniak (1998) argumenta que são propriedades indispensáveis para qualquer indicador em desenvolvimento: relevância, gradação de intensidade, univocidade, padronização e rastreabilidade. O mesmo autor cita ainda como propriedades desejáveis: amplitude, portabilidade e invariância de escala.

Apesar da sua relevância, os indicadores possuem poder limitado de explicação dos objetos ou fenômenos em observação, uma vez que são utilizados para mensurar um atributo ou dimensão da realidade. Neste contexto, é realizada a agregação de indicadores para formação de informações mais sintéticas, tais como os índices. Siche *et al.* (2007) argumentam que um índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, e é considerado um nível superior de informação formado pela junção de um jogo de indicadores e/ou variáveis.

Nahas (2009) e Siche *et al.* (2007) enfatizam a importância do modelo matemático para a caracterização de um índice, ao afirmarem que o termo trata-se de um valor que expressa a agregação matemática de informações numéricas, utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados, que representam a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo.

Em visão distinta, Prabhu *et al.* (1999), Shields *et al.* (2002) e Rua (2004) abordam como relevante para a caracterização dos índices a natureza das relações que representam o objeto em análise. Segundo Rua (2004) índices consistem em relações observáveis entre variáveis ou entre uma variável e uma constante. Prabhu *et al.* (1999) argumentam que um índice pode ser construído para analisar dados através da junção de um jogo de elementos com relacionamentos estabelecidos. De forma simples, Shields *et al.* (2002) define que a função de índice é revelar o estado de um sistema ou fenômeno.

Jannuzzi (2002) define índices como indicadores compostos, cujo uso é justificado pela simplicidade e capacidade de síntese dos mesmos em situações em que se precisa de uma avaliação geral. Desta forma, um índice pode se referir a um único tema ou diversos temas, podendo ser composto pela agregação de dados simples ou pela agregação de dados compostos como indicadores ou outros índices (NAHAS, 2009 e SICHE *et al.*, 2007).

Nahas (2009) propõe a classificação dos índices em parciais e síntese. Os índices parciais referem-se aos índices gerados pela agregação de indicadores para dimensionar determinado tema, exercendo a função de etapas intermediárias de cálculo do índice-síntese. Já os índices-síntese referem-se à agregação dos índices parciais para mensurar a situação em uma unidade espacial, considerando todos os temas abordados (NAHAS, 2009).

Diamantopoulos e Winklhofer (2001) descrevem quatro fatores críticos para o sucesso na construção de um índice: especificação de conteúdo, especificação dos indicadores, colinearidade dos indicadores e validade externa. Em caso de construção de um índice eficiente, Jannuzzi (2002) lista como benefícios a capacidade do mesmo em orientar de uma forma mais objetiva a priorização de recursos e ações. No entanto, Van Bellen (2002) adverte

que índices e indicadores altamente agregados têm também maior probabilidade de possuir problemas conceituais. Segnestam (2002) conclui que tanto indicadores quanto índices não têm um fim em si mesmo, sendo, portanto, um meio para chegar a um fim, consistindo como incremento para tomada de decisão.

A discussão apresentada nesta subseção sobre as definições dos termos índices e indicadores, permite esclarecer que o objetivo deste trabalho é claramente a construção de um *índice*. Esta afirmação é fundamentada nas abordagens dos autores Jannuzzi (2002), Nahas (2009) e Siche *et al.* (2007) que evidenciam a natureza múltipla dos indicadores e/ou variáveis que compõem um índice. Neste trabalho o índice construído agregará múltiplas dimensões ligadas à sustentabilidade para mensurar o potencial de inovação de uma pesquisa científica. Sendo que tais dimensões diferem significativamente quanto à natureza e à forma de apresentação e mensuração de dados.

Seguindo a classificação de Nahas (2009) o índice proposto é do tipo índice-síntese, similar ao *Headline Innovation Indicator* proposto por Viotti (2013). Esta classificação é adequada, pois o resultado será um único valor que agrega e pondera diferentes aspectos da inovação sustentável em produtos.

Na construção do índice os quatro fatores apontados por Diamantopoulos e Winklhofer (2001) foram considerados de forma diferente. O fator especificação de conteúdo é bastante relevante na análise da validade e relevância das dimensões utilizadas no modelo conceitual de inovação sustentável. Devido o índice proposto usar métodos de tomada de decisão multicritério para sua formulação matemática, o fator especificação de indicadores é substituído pela opinião de especialistas expressas em escalas de preferência. O excesso de colinearidade dos indicadores é um problema clássico de modelos baseados em regressão múltipla, no caso do índice proposto a validade é verificada através de indicadores de consistência. Já o fator validação externa, que significa a comparação dos resultados obtidos na síntese do índice com variáveis externa para fins de verificação da coerência com a realidade, é executado por meio de consulta aos especialistas respondentes a respeito da validade do índice proposto frente aos métodos tradicionais usados pelos mesmos.

#### **4.2 Índices e indicadores de inovação**

O crescimento e a extensão da literatura sobre inovação dificultam o processo de avaliação e o relacionamento com o desempenho empresarial (BRITO *et al.*, 2009). Todavia, estes desafios devem ser estudados e superados com a finalidade de suportar processos de gestão mais eficazes. Um exemplo prático da aplicação de um processo de avaliação da

inovação é a seleção de projetos com maior potencial inovador tanto por empresas, que desejam investir em PD&I, quanto pelo setor público interessado em apoiar um sistema de inovação.

Em termos metodológicos os processos de seleção de projetos atuais, em geral, reproduzem critérios e práticas de avaliação similares àquelas mais apropriadas para o exame de projetos acadêmicos devido serem mais bem conhecidas no sistema de Ciência e Tecnologia brasileiro (VIOTTI, 2013). Este equívoco se deve ao fato dos métodos de análise serem ainda pouco sistemáticos e frequentemente subjetivos, embora haja consenso a respeito dos fatores associados ao potencial inovador de empresas e projetos (IPEA, 2013). Desta forma, Pinheiro *et al.* (2006) concluem que há a necessidade de desenvolvimento e implementação de indicadores de desempenho distintos, para avaliação dos projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nas empresas.

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2013) sugere que a avaliação do impacto de inovações pode trazer entre outros benefícios para as empresas: a melhoria da qualidade de produtos e/ou serviços; ampliação da gama de produtos ofertados; manutenção e/ou ampliação da participação de mercado; abertura de novos mercados; aumento e/ou flexibilização da capacidade produtiva; redução de custo de produção e de mão-de-obra; redução do consumo de matéria-prima, energia e água; redução do impacto ambiental e/ou aspectos ligados à saúde e segurança; e melhor atendimento as regulações e normas padrão.

O processo de avaliação é uma atividade da função de controle no contexto da ciência da Administração. No exercício dessa função o uso de índices e indicadores é comum como ferramentas de suporte para o monitoramento e acompanhamento de informações relevantes sobre o desempenho da organização. Tidd *et al.* (2003) sugerem que as organizações devem gerenciar, e, portanto, controlar quatro fases no processo de inovação:

- Fase 1: Prospecção – envolve monitorar e detectar seu ambiente (interno e externo), para escolher e processar sinais sobre mudanças potenciais;
- Fase 2: Seleção estratégica – busca escolher dentre as opções potenciais, aquela que apresenta os melhores sinais tecnológicos e de mercado, em consonância com os recursos e capacidades da empresa;
- Fase 3: Mobilização de conhecimento e competências – visa avaliar os recursos organizacionais e a capacidade que a empresa dispõe e precisará ter, além de determinar como esses recursos podem ser utilizados de maneira estratégica;

- Fase 4: Implementação – significa colocar em prática o projeto de inovação, desde o conceito inicial até o lançamento final do produto ou serviço.

Existem diferentes tipos de classificação dos indicadores e sistemas de avaliação para inovação que variam quanto o enfoque, a natureza dos dados utilizados, ou a etapa do processo de desenvolvimento da inovação.

Godinho (2007) propõe a classificação da evolução dos indicadores de inovação em três categorias: 1ª, 2ª e 3ª gerações. A 1ª geração inicia-se com a publicação do Manual de Frascati pela OCDE em 1963, que contribuiu para a normalização de metodologias, fixando regras conducentes à produção de estatísticas internacionalmente harmonizadas. A 2ª geração é chamada de indicadores de inovação e foram desenvolvidos para refletir o impacto das atividades de Ciência e Tecnologia, aferindo a propensão a inovar e os efeitos da inovação no desempenho econômico. A 3ª geração é uma abordagem marcada pelo desenvolvimento de indicadores com interesse crescente na possibilidade de comparações internacionais sistemáticas, passando a serem editados como *scoreboards* de C&T e inovação.

Em outra classificação, normalmente mais presente na literatura, Silva *et al.* (2008) propõe cinco tipos de indicadores de inovação tecnológica: indicadores de entrada, indicadores de saída, indicadores de formas de inovação (incremental e/ou radical), indicadores de fontes de inovação e indicadores de impacto de inovação. Nascimento (2009) explica o significado de cada tipo de indicador dentro desta classificação: indicadores de entrada têm relação com o montante de recursos da empresa que são aplicados em atividades de PD&I. Os indicadores de saída analisam os resultados obtidos pela organização com o desenvolvimento dos processos de inovação. As formas de inovação analisam como ocorre o processo de inovação dentro da empresa. As fontes de inovação analisam a relação existente entre a empresa e os *stakeholders*. Por fim, os indicadores de impacto da inovação indicam quais os resultados que todo o processo de inovação trouxe para a empresa.

Em contraponto, Figueiredo (2005) destaca que tais indicadores convencionais, em especial os de 3ª geração, possuem uma série de limitações, tais como: indicadores de PD&I e patentes não são adequados para economias de países em desenvolvimento que não possuem sistemas inovação suficientemente maduros; a consulta a bases de patentes internacionais é relevante, mas pode ser tendenciosa na análise da inovação em empresas de países que não exportam tecnologia; nos países em desenvolvimento não há número significativo de institutos e centros de pesquisas, sendo boa parte da inovação desenvolvida em setores de engenharia e qualidade, que não são avaliados pelos indicadores tradicionais; os indicadores tradicionais não captam o processo de desenvolvimento da capacidade tecnológica; as

estatísticas produzidas são uma representação do estado atual, ou seja, não captam o processo de acumulação tecnológica.

Tradicionalmente, os sistemas de avaliação da inovação tem dado maior ênfase aos indicadores de entrada de PD&I devido as dificuldades de relacionar a execução das atividades de inovação e os resultados obtidos ao desempenho organizacional. Viotti (2013) salienta que apesar de tais indicadores conterem informações importantes sobre a vitalidade das atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação desenvolvidas em determinada instituição, país ou região, estes medem apenas um aspecto de um processo muito mais complexo. Normalmente, no caso destes indicadores é realizada avaliação do pessoal alocado em laboratórios de P&D, dos gastos em PD&I e da intensidade da atividade de patentes internacionais registradas nos Estados Unidos como parâmetros (FIGUEIREDO, 2005).

De forma mais contemporânea os indicadores de impacto de inovação tem sido mais estudados e aplicados devido à necessidade de justificar e orientar as decisões estratégicas das organizações quanto à gestão tecnológica e as decisões sobre investimentos. As medidas do impacto da inovação sobre o desempenho da empresa estão entre os indicadores de inovação mais importantes, mas elas estão também entre as mais difíceis de obter. O impacto das inovações no desempenho da empresa varia dos efeitos sobre o faturamento e a parcela de mercado relacionada às mudanças na produtividade e na eficiência (OCDE, 2004a).

Silva *et al.* (2008) utiliza variáveis relacionadas às melhorias obtidas em qualidade e quantidades dos produtos, participação de mercado, capacidade produtiva e consumo de matéria-prima para mensurar o impacto de determinada inovação. O Manual de Oslo (OCDE, 2005) cita como exemplo de variáveis para medir o impacto da inovação a proporção de vendas devida a produtos tecnologicamente novos ou aprimorados; os resultados do esforço de inovação; o impacto da inovação no uso dos fatores de produção.

No entanto, a prática da avaliação da inovação através de indicadores mostra que a escolha de apenas um tipo de indicador é insuficiente para suportar a avaliação de um fenômeno tão complexo. Desta forma, a construção de sistemas de indicadores de inovação para fins específicos é a tendência tanto academicamente quanto institucionalmente. Neste contexto, Costa e Garcia (2008) e Paredes *et al.* (2014) destacam cinco modelos de avaliação de inovação relevantes: o Manual de Oslo, PINTEC, Radar da Inovação, Modelo de Berreyre e Modelo de Schumpeter.

O Manual de Oslo representa uma sistematização com orientação para a criação de elementos e indicadores para a mensuração das atividades de inovação, mas não apresenta um modelo ou grupo de indicadores recomendados para “medir” inovação ou as atividades de

PD&I (COSTA e GARCIA, 2008; PINHEIRO *et al.*, 2014). Segundo a OCDE (1997) o Manual de Oslo tem o objetivo de orientar e padronizar conceitos, metodologias e construção de estatísticas e indicadores de pesquisa de P&D de países industrializados.

Anteriormente ao Manual de Oslo surgiu o Manual de Frascati, editado em 1962 e lançado em 1963. Desta publicação originou a série de publicações da OCDE que ficou conhecida como Família Frascati. Atualmente o Manual de Frascati se encontra na sexta edição, tendo sido atualizado e aprovado pelo grupo de especialistas da OCDE pela última vez em 2002 para atender as novas classificações e tipologias de dados de PD&I e enfatizar áreas de interesse como tecnologia da informação, saúde e biotecnologia (OCDE, 2013). O objetivo do Manual de Frascati é oferecer diretrizes para a coleta e elaboração de estatísticas e dados sobre inovação, com ênfase em dados de entrada, que podem servir para construção de sistemas de indicadores. As estatísticas decorrentes deste manual concentram-se nos recursos financeiros e humanos aplicados a PD&I, não contemplando os resultados ou impactos (GODINHO, 2007; OCDE, 2013).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) divulgam a cada três anos a Pesquisa de Inovação (PINTEC) que possui abrangência nacional e tem como objetivo fornecer informações para a construção de indicadores das atividades de inovação das empresas brasileiras. A primeira edição foi lançada em 2000 e a mais recente edição em 2011. A base conceitual da PINTEC é a terceira edição do Manual de Oslo, especificamente, o modelo proposto pelo *Statistical Office of the European Communities* (EUROSTAT), presentes nas versões 2008 e 2010 da *Community Innovation Survey – CIS*. A PINTEC considera os impactos da inovação nas dimensões produto, mercado, processo, meio ambiente, saúde e segurança, e enquadramento às regulamentações e normas (IBGE, 2013).

Criado por Sawhney *et al.* (2011), o Radar da Inovação é um gráfico que mostra 12 dimensões sobre a inovação em determinado negócio (oferta, plataforma, soluções, clientes, experiência do cliente, agregação de valor, processos, organização, cadeia de suprimentos, presença rede e marca), que reflete o desempenho inovador da companhia na oferta de produtos, nos serviços prestados aos consumidores, nos processos empregados e na sua política de marketing. O Radar da Inovação possibilita uma ampliação do entendimento sobre os resultados das ações de inovação em uma empresa e, conseqüentemente, permite uma mensuração mais abrangente da inovação organizacional (COSTA e GARCIA, 2008).

Os Modelos de Schumpeter e Berreyre são diferentes abordagens conceituais que apresentam dimensões distintas para caracterizar a ocorrência da inovação<sup>13</sup>. Em ambos os casos, não há uma construção metodológica para o efetivo cálculo do desempenho inovador de empresas nas suas respectivas dimensões.

Na prática, os modelos apresentados servem como instrumentos para orientação na construção de índices, indicadores e sistemas de indicadores de inovação, podendo serem utilizados por pesquisadores e empresas desde que adaptados à realidade na qual serão aplicados. Desta forma, tais modelos são frequentemente utilizados para fundamentar metodologias de avaliação da inovação em prêmios nacionais e internacionais. Em seus estudos, Costa e Garcia (2008) identificaram 35 prêmios de avaliação de inovação voltados para empresas e setores produtivos ao redor do mundo. Notou-se uma concentração de prêmios nos EUA e Grã-Bretanha, com forte presença de critérios subjetivos de julgamento (dois terços) realizados por avaliadores especialistas. As principais dimensões consideradas foram: Processo (80% de frequência), Produto (80% de frequência), Organização (37% de frequência) e Solução (25% de frequência).

Nos últimos anos houve um grande esforço da União Europeia na promoção de esforços voltados ao estudo da inovação, em especial, na sua avaliação devido a percepção que o fortalecimento da economia está diretamente ligado a capacidade dos Estados-Membros produzirem e exportarem tecnologias tanto para a comunidade europeia quanto para o resto do Mundo. Esta visão é traduzida na forma de apoio a pesquisas e análises sobre o tema, tais como os estudos que dão origem as publicações da OCDE, além da formação de núcleos de pesquisa em parceria com universidade e institutos privados.

Um dos esforços europeus foi o relatório *Smart Innovation*, lançado em 2006, tendo sido desenvolvido por consultorias e universidades ligadas à área de pesquisa em inovação para ser um guia prático de avaliação de programas de inovação em diversos setores da economia. O guia não apresenta uma metodologia padrão a ser utilizada em todos os contextos, no entanto, levanta uma série de questionamento a serem realizados na modelagem de um instrumento de avaliação de sistemas e programas de inovação, bem como, situa conceitualmente a funcionalidade de várias técnicas e ferramentas de avaliação de projetos (MILES e CUNNINGHAM, 2006).

Em 2010, o *Joint Research Center (JRC)* lançou a versão atualizada do *European Innovation Scoreboard (EIS)* – Painel Europeu de Inovação. Esta metodologia fornece uma

---

<sup>13</sup> Conforme apresentado no Quadro 2.

avaliação comparativa do desempenho de cada Estado-membro da União Europeia no que tange à gestão da inovação, evidenciando os pontos fortes e fracos de suas pesquisas e sistemas de inovação (HOLLANDERS e TARANTOLA, 2011).

Viotti (2013) destaca o *Headline Innovation Indicator* (Indicador de Meta-Síntese de Inovação) desenvolvido por grupo de trabalho formado por empresários inovadores e por economistas especialistas no tema criado pela Comissão Europeia para identificar indicadores, internacionalmente comparáveis, que melhor refletissem a intensidade da inovação e que fossem focados em resultados e impactos. O autor explica que este indicador mede a participação na economia de empresas de crescimento rápido em setores inovadores, podendo ser associado ao dinamismo da economia, além de refletir o impacto das condições do sistema e das políticas de inovação.

Fora da União Europeia e da OCDE, o primeiro esforço para compilar as particularidades e guiar a concepção de pesquisas nacionais sobre inovação comparáveis foi realizado na América Latina pela RICYT (*Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología*) e resultou na publicação do Manual de Bogotá em 2001, que foi posteriormente usado pela maioria das pesquisas sobre inovação conduzidas na América Latina e estendido para outras regiões (OCDE, 2004a).

Outra contribuição importante para os estudos sobre avaliação da inovação é o *Technology Achievement Index* (TAI), traduzido no Brasil como “índice de realização tecnológica” e calculado para 72 países, trata-se de um índice composto, que parte da consideração de três dimensões de grande relevância para os objetivos da política científica e tecnológica de um país: criação de tecnologia, difusão de inovações e habilidades humanas (ROCHA e FERREIRA, 2004). O TAI foi proposto inicialmente Desai *et al.* (2002) como parte do relatório *Making New Technologies Work for Human Development* elaborado pelo Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas em 2001. Segundo os criadores, o TAI foca nos resultados e realizações, em vez dos esforços ou insumos, tais como números de pessoas em atividades de pesquisa, gastos em PD&I ou ambientes políticos.

No Brasil, propostas de metodologias combinando os modelos existentes são comuns, havendo exemplos para área governamental (ROCHA e FERREIRA, 2004), setor industrial (SILVA *et al.*, 2008). Órgãos como o MCTI e a Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI) divulgam indicadores de inovação, que geralmente englobam as patentes registradas, publicações científicas e o número de mão de obra/funcionários exercendo as funções de cientistas e engenheiros em pesquisas, ou seja, os gastos em P&D (PAREDES *et al.*, 2014).

A ANPEI esclarece que a taxa geral de inovação é o indicador mais utilizado para aferir o dinamismo tecnológico de um país e corresponde à relação entre o número de empresas que realizaram alguma inovação em determinado período e o número de empresas do universo considerado. Este indicador está presente na pesquisa PINTEC e considera tanto aquilo que é novo para o mercado nacional quanto a inovação restrita a própria empresa. Isso significa que a taxa de inovação geral reflete, somados, o esforço próprio de capacitação tecnológica e o de modernização através de outras formas de aquisição do conhecimento (ANPEI, 2008). O último resultado da taxa geral de inovação mostrou uma redução da inovação nas empresas brasileiras, interrompendo assim uma série histórica positiva entre 2000 a 2008.

Outra instituição nacional, o IPEA (2013) propôs um *rating* de inovação obtido a partir de um indicador de inovação composto por faixas de desempenho previamente definidas, sendo formado por cinco dimensões principais: i – dimensão econômica; ii – dimensão setorial; iii – dimensão gastos em atividades de inovação; iv – dimensão recursos humanos alocados em atividades de inovação; e v – dimensão resultados das atividades de inovação.

Uma simples análise dos modelos de avaliação, bem como dos índices, indicadores e sistemas de indicadores relativos à inovação apresentados permite apontar que há uma grande diversidade de visões sobre o tema. Todavia, modelos clássicos como o schumpeteriano e os manuais da OCDE são importantes marcos na literatura sobre avaliação da inovação, influenciando a construção dos modelos subsequentes. Os critérios variam significativamente entre as abordagens com forte tendência a inclusão de novas categorias de inovação. Já os principais objetos de análise das metodologias apresentadas são empresas, países, projetos, sistemas de inovação e políticas para o setor. No que tange a avaliação do potencial de inovação em pesquisas científicas, esta atividade é normalmente realizada utilizando técnicas de prospecção tecnológica e avaliação de impacto.

#### 4.2.1 Síntese dos índices e indicadores de inovação

Seguindo a classificação de Silva *et al.* (2008) e Nascimento (2009) o índice proposto neste trabalho é do tipo impacto de inovação. Todavia, como o objeto de estudo são pesquisas científicas trata-se de um índice para avaliar o potencial impacto de inovação, portanto, difere dos índices e indicadores tradicionais. O Quadro 6 a seguir resume as principais características dos principais índices e indicadores presentes na literatura.

Quadro 6 – Síntese dos principais índices e indicadores de inovação.

Indicador/ Metodologia	Objeto	Autor/ Órgão criador	Crítérios	Objetivo
Manual de Oslo Manual de Frascati	Países Atividades de P&D. Áreas prioritárias: saúde, informação e biotecnologia.	OCDE	Foco nos indicadores de entrada: recursos humanos, recursos financeiros, etc.	Oferecer diretrizes para a coleta e elaboração de estatísticas e dados sobre inovação.
PINTEC	Empresas	IBGE, MCTI, OCDE	Foco nos indicadores de impactos: produto, mercado, processo, meio ambiente, saúde e segurança, e enquadramento às regulamentações e norma.	Fornecer informações para a construção de indicadores das atividades de inovação das empresas brasileiras
Radar da Inovação	Empresas	Sawhney <i>et al.</i> (2011)	Oferta, plataforma, soluções, clientes, experiência do cliente, agregação de valor, processos, organização, cadeia de suprimentos, presença rede e marca.	Refletir o desempenho inovador da companhia.
<i>Smart Innovation</i>	Programas de inovação	UE (2006)	-	Ser um guia prático de avaliação de programas de inovação em diversos setores da economia
Painel Europeu de Inovação	Países da UE	<i>Joint Research Center</i> (2010)	Indicadores de entrada, indicadores de atividade empresarial e indicadores de saída	Fornecer uma avaliação comparativa do desempenho de cada Estado-membro da União Europeia no que tange à gestão da inovação

Fonte: O autor.

Quadro 6 – Síntese dos principais índices e indicadores de inovação (continuação).

<i>Headline Innovation Indicator</i>	Países da UE	<i>European Commission (2010) apud Viotti (2013)</i>	Produtividade do trabalho, Pedidos de patentes ponderados pelo PIB, Emprego em atividades intensivas em conhecimento, Participação na economia de empresas inovativas, participação de produtos manufaturados de alta e média intensidade tecnológica.	Medir a participação na economia de empresas de crescimento rápido em setores inovadores
<i>Technology Achievement Index</i>	Países	Nações Unidas (2001)	Criação de tecnologia, difusão de inovações e habilidades humanas	Reflete o nível de progresso tecnológico e a capacidade de integração de países.
Taxa Geral de Inovação	Empresas	ANPEI e MCTI	Patentes registradas, publicações científicas e o número de mão de obra/funcionário.	Apresentar a relação entre o número de empresas que realizaram alguma inovação em determinado período e o número de empresas do universo considerado
<i>Rating de Inovação</i>	Projetos Empresas	IPEA (2013)	Custo total do projeto; Inovação setorial, gastos em atividades de inovação, recursos humanos alocados em atividades de inovação, resultados das atividades de inovação.	Ser um método para a atribuição de um rating de inovação para empresas e projetos com base em indicadores de natureza quantitativa

Fonte: O autor.

A revisão dos principais índices e indicadores de inovação evidencia que a avaliação do potencial inovador na fase de prospecção, conforme proposto por Tidd *et al.* (2003), não é o enfoque das principais metodologias de avaliação da inovação. O campo Objeto no Quadro 6 evidencia que a economia de países e o grau de inovação de empresas são os principais alvos das metodologias de mensuração da inovação. Neste sentido, o trabalho do IPEA quando voltado para avaliar projetos, é aquele que mais se aproxima do índice proposto neste trabalho.

No Quadro 6, no que diz respeito aos critérios considerados as metodologias PINTEC, Radar da Inovação e Rating de Inovação são as que mais contribuem para a construção do índice proposto neste trabalho. Este fato se deve ao enfoque empresarial que estas abordagens possuem. Desta forma, é importante que o índice de inovação sustentável seja capaz de refletir o potencial ganho de desempenho para as empresas ao investirem em uma pesquisa promissora. Esse ganho de desempenho pode ser medido pelas metodologias já citadas. No que diz respeito ao objetivo de cada metodologia, nota-se que nenhuma apresenta objetivo semelhante ao proposto neste trabalho.

Os critérios e objetivos das metodologias e indicadores voltados para países e políticas públicas diferem significativamente dos objetivos deste trabalho e, portanto, não serão considerados de forma assídua.

#### **4.3 Índices e indicadores de sustentabilidade**

A ideia de desenvolver indicadores para avaliar a sustentabilidade surgiu na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente – Rio 92 (SICHE *et al.*, 2007). Neste encontro, batizado de Agenda 21, o debate concluiu que surgia, naquele momento, em muitos países, consumidores mais conscientes ambientalmente, gerando um aumento do interesse por parte de algumas indústrias no fornecimento de produtos ambientalmente mais saudáveis. Este cenário demandava que governos e organizações internacionais, em conjunto com o setor privado, desenvolvessem critérios e metodologias, preferencialmente na forma de indicadores claros, para a avaliação dos impactos ambientais e das necessidades de recursos ao longo do ciclo de vida dos produtos e processos visando à tomada de decisão por parte dos consumidores (UNITED NATIONS, 1992).

Van Bellen (2002) esclarece que os indicadores de sustentabilidade são parte de um sistema de informação sobre desenvolvimento sustentável cuja função é coletar e gerenciar informações. Sendo assim, a construção de tais sistemas de indicadores deve ser orientada para a formação de uma base sólida para tomada de decisões em todos os níveis (UNITED

NATIONS, 1992). Na visão de Siche *et al.* (2007) os sistemas de informações devem contribuir para localmente responder aos desafios de melhorar a qualidade de vida, e recuperar e usar adequadamente os recursos renováveis. E, no contexto global, o foco deve ser mudar o estilo de vida, vislumbrando a contenção do consumo.

Veiga (2010) cita questões importantes a serem consideradas na construção de indicadores, entre as quais: a avaliação da sustentabilidade requer um pequeno conjunto bem escolhido de indicadores; para medir sustentabilidade são necessárias projeções e não apenas observações; por ser um problema global, o foco da avaliação deve ser a contribuição que cada país dar para a (in)sustentabilidade global.

De acordo com Hammond (1995) e Winograd e Farrow (2002) um indicador de sustentabilidade pode ter como objetivos: a) Definir ou monitorar a sustentabilidade e seus componentes; b) Facilitar o processo de tomada de decisão e desenvolvimento de estratégias, políticas e ações; c) Avaliar as modificações significativas em um dado sistema ou componente; d) Caracterizar uma realidade, permitindo a regulação de sistemas integrados; e) Medir o progresso e viabilidade dos processo em direção à sustentabilidade; f) Determinar e avaliar as causas e efeitos dos sistemas e componentes.

O surgimento de vários modelos conceituais, *frameworks* e sistemas de indicadores suscitou o debate sobre a validade teórica destas metodologias. Em 1997 o *International Institute for Sustainable Development* (IISD) elaborou o relatório intitulado Avaliação da Sustentabilidade: Princípios em Prática cuja principal contribuição foi à criação de um conjunto de atributos desejáveis aos indicadores de sustentabilidade. Estes atributos passaram a ser chamados de Princípios de Bellagio cuja função é servir de guia prático para nortear a prática da avaliação do tema desenvolvimento sustentável (HARDI e ZDAN, 1997). Ao todo são dez princípios:

1. Orientar a visão e os objetivos.
2. Perspectiva holística.
3. Elementos essenciais.
4. Escopo adequado.
5. Enfoque prático.
6. Acesso à informação.
7. Comunicação efetiva.
8. Ampla participação.
9. Avaliação contínua.
10. Capacidade institucional.

Segundo Hardi e Zdan (1997) o Princípio 1 indica a necessidade de estabelecer uma visão clara do conceito de sustentabilidade associada a metas práticas e significativas para os tomadores de decisão. Do Princípio 2 ao 5 são citados aspectos ligados ao conteúdo de qualquer avaliação e a necessidade de mesclar senso global do sistema com o foco prático nos problemas prioritários atuais. Do Princípio 6 ao 8 são citadas questões-chave no processo de avaliação, enquanto que o Princípio 9 e 10 descrevem a necessidade de estabelecer uma capacidade de continuidade da avaliação.

Desde a Rio 92 o interesse e os esforços para a construção de indicadores ambientais e de sustentabilidade aumentou significativamente, em especial, em países desenvolvidos ou com importantes reservas de biodiversidade. Historicamente Souza *et al.* (2009) descrevem a evolução desses indicadores em três gerações: a primeira surgiu na década de 1980 e era formada por indicadores que não incorporavam inter-relações complexas entre os componentes de um sistema, tais como as relações socioeconômicas. Na segunda geração, os indicadores passaram a ser compostos por quatro dimensões fundamentais do desenvolvimento: a econômica, a social, a institucional e a ambiental, mas sem estabelecer relações entre as dimensões. Na terceira geração, tem-se buscado a criação de indicadores vinculantes, sinérgicos e transversais que incorporam vários fatores responsáveis pelo desenvolvimento sustentável.

O resultado desse processo evolutivo é uma extensa quantidade de modelos, *frameworks*, sistemas de indicadores relacionados à sustentabilidade ou alguma das suas dimensões. Este fato dificulta a realização de revisões sistemáticas sobre o tema já que quase diariamente novos estudos, relatórios e dados são divulgados pela rede mundial de computadores. Neste contexto, a seguir será apresentada uma revisão dos modelos e indicadores mais recorrentes na literatura.

Segundo Souza *et al.* (2009), as principais experiências com indicadores de sustentabilidade podem ser classificadas em dois tipos: os “sistemas de indicadores” e os “indicadores-síntese”. Em sua pesquisa Van Bellen (2002) demonstrou que na visão dos especialistas sobre sustentabilidade os indicadores mais relevantes são os indicadores-síntese (índices), especificamente, o Painel da Sustentabilidade (*Dashboard of Sustainability*), a Pegada Ecológica (*Ecological Footprint*) e o Barômetro da Sustentabilidade (*Barometer of sustainability*).

O Painel da Sustentabilidade é um índice que foi desenvolvido pelo *Consultative Group on Sustainable Development Indicators*, uma equipe internacional de especialistas em sustentabilidade coordenada pelo IISD (CLEMENTE *et al.*, 2011). A estrutura primária do

Painel da Sustentabilidade inclui: 1) Dimensão social: saúde, segurança, educação habitação e população; 2) Dimensão econômica: estrutura e padrões de consumo e de produção; e 3) Dimensão ambiental: solo, ar, água e biodiversidade (HARDI e JESINGHAUS, 2002).

Conceitualmente, o Painel de Sustentabilidade é um índice agregado de vários indicadores de performance da economia, da saúde social e da qualidade ambiental, para o caso de um país; ou de performance da economia, da responsabilidade social e do desempenho ambiental, no caso de um empreendimento. O resultado final é apresentado na forma de mostradores como uma metáfora em relação a um painel de automóvel (VAN BELLEN, 2002).

A Pegada Ecológica é descrita como uma ferramenta que transforma o consumo de matéria-prima e a assimilação de dejetos, de um sistema econômico ou população humana, em área correspondente de terra ou água produtiva. Portanto, por definição, a Pegada Ecológica é a área do ecossistema necessária para assegurar a sobrevivência de uma determinada população ou sistema (VAN BELLEN, 2002).

A metodologia original da Pegada Ecológica consiste em construir uma matriz de consumo/uso de terra, considerando cinco categorias principais do consumo (alimento, moradia, transporte, bens de consumo e serviços) e seis categorias principais do uso da terra, entre elas energia e florestas preservadas (SICHE *et al.*, 2007). Bossel (1999) critica as limitações da Pegada Ecológica, ao lembrar que este, embora, seja um excelente indicador-síntese dos principais impactos ambientais da atividade econômica, não realiza, tampouco, visa a captura da dimensão social do desenvolvimento sustentável.

WWF International, mesma organização que produz a Pegada Ecológica, gera outro indicador ambiental relevante: o *Living Planet Index* (Indicador Planeta Vivo). Este indicador é formado por uma série histórica com diferentes informações (tamanho, densidade, abundância, entre outras) das populações de uma extensa lista de espécies de várias partes do planeta (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2014).

A ferramenta de avaliação conhecida como Barômetro da Sustentabilidade foi desenvolvida por diversos especialistas, ligados principalmente a dois institutos: IUCN e o *International Development Research Centre* (IDRC), com o objetivo de avaliar o progresso em direção à sustentabilidade através da integração de indicadores biofísicos e de saúde social (VAN BELLEN, 2002).

O Barômetro da Sustentabilidade é uma ferramenta para a combinação de indicadores e mostra seus resultados por meio de índices. Estes índices são compostos por dois eixos, um para o bem-estar humano e outro para bem-estar do ecossistema. Isso permite que cada

conjunto de indicadores sejam combinados independentemente, mantendo-os separados é possível a análise de interações pessoas-ecossistemas (VAN BELLEN, 2002; SEGNESTAM, 2002).

Nos últimos anos outros indicadores de sustentabilidade consistentes surgiram fruto em sua maioria de parcerias internacionais para construção de normatizações aplicáveis em diferentes contextos. Considerando que para Bossel (1999) a sustentabilidade possui seis subsistemas básicos – desenvolvimento individual, sistema social, governo, infraestrutura, sistema econômico, e, meio ambiente e recursos naturais – os novos modelos conceituais e indicadores buscam atender a maior quantidade possível de subsistemas.

Em seu estudo Van Bellen (2002) cita como exemplos de indicadores ligados à sustentabilidade: SEEA (*System of Integrated Environmental and Economic Accounting*), MEP (*Monitoring Environmental Progress*), ISEW (*Index of Sustainable Economic Welfare*), IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), CPM (*Capability Poverty Measure*), PSR (*Pressure-State-Response*), TMC (*Total Material Consumption*), TMI (*Total Material Input*), entre outros. Entre as metodologias citadas, o PSR é um dos *frameworks* mais relevantes, devido sua estrutura ter derivado para novas abordagens para a avaliação da sustentabilidade.

A estrutura PSR, ou, Pressão-Estado-Resposta, é baseada no conceito de causalidade: as atividades humanas exercem pressões sobre o ambiente e mudam a qualidade e a quantidade dos recursos naturais (SEGNESTAM, 2002). Romero *et al.* (2005) esclarecem que os indicadores PSR são categorizados em 3 tipos:

1. Indicadores de pressão ambiental – diretas ou indiretas - pressões antrópica exercidas sobre o meio ambiente que causam mudanças qualitativas e quantitativas nos recursos naturais;
2. Indicadores de condições ambientais – correspondem ao “estado” do meio ambiente e seu desenvolvimento ao longo do tempo;
3. Indicadores de resposta – na forma de políticas – correspondem às respostas sociais – ações individuais e coletivas para mitigar ou prevenir impactos negativos induzidos pelas atividades humanas.

No entanto, no uso do PSR várias organizações têm optado por adicionar outra categoria de indicador, os chamados indicadores de impacto, visando capturar a mudança no estado, criando assim o *framework* PSIR. A lógica é que as *pressões* no trabalho afetam o *estado* do ambiente, resultando em uma série de *impactos* ambientais (SEGNESTAM, 2002). Todavia, a crítica ao *framework* PSR sobre simplificar as relações entre as diferentes partes da

sociedade é relevante também para o PSIR. Bossel (1999) acrescenta que a objeção mais séria a estas abordagens é que elas negligenciam a natureza sistêmica e dinâmica dos processos.

Outra evolução ou mudança do PSR é o uso de indicadores de força motriz (*driving force*), em vez de indicadores de pressão. A diferença entre estas duas categorias de indicadores é a sua cobertura. Os defensores do *framework* DSR (*Driving force-State-Response*) afirmam que os indicadores de pressão são mais usados apenas para as questões ambientais. Indicadores de força motriz em comparação acomodam melhor aspectos sociais, econômicos e institucionais. Dessa forma, o termo força motriz representa as atividades humanas, processos e padrões que causam impacto no desenvolvimento sustentável (VAN BELLEN, 2002; SEGNESTAM, 2002).

Um exemplo de sistema de avaliação de sustentabilidade utilizando o *framework* DSR é o modelo construído pela *Commission on Sustainable Development* (CSD) iniciado em 1995 com o objetivo de criar indicadores acessíveis aos tomadores de decisão em nível nacional, ou seja, formuladores de políticas públicas. O *framework* da CSD considera quatro dimensões primárias: social, econômica, ambiental e institucional. Para operacionalizar a avaliação nas quatro dimensões foram utilizados 134 indicadores para 22 países entre 1996 e 1999 (COMMISSION ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2001).

A última evolução do *framework* PSR é a apresentação de todas as cinco categorias de indicadores em um único e mesmo *framework* (força motriz, pressão, estado, impacto e resposta), proporcionando um mecanismo global para a análise de problemas ambientais. Este *framework* chamado DPSIR (*Driving force, pressure, state, impact, response*) abrange as diferentes categorias de indicadores para os seguintes aspectos de uma questão ambiental: forças motrizes, como a indústria e os transportes que produzem *pressões* sobre o meio ambiente que degradam o *estado* do meio ambiente e que têm um *impacto* na saúde humana e os ecossistemas, causando a necessidade de *respostas* da sociedade com várias medidas políticas, como a regulamentação, informações e impostos (SEGNESTAM, 2002).

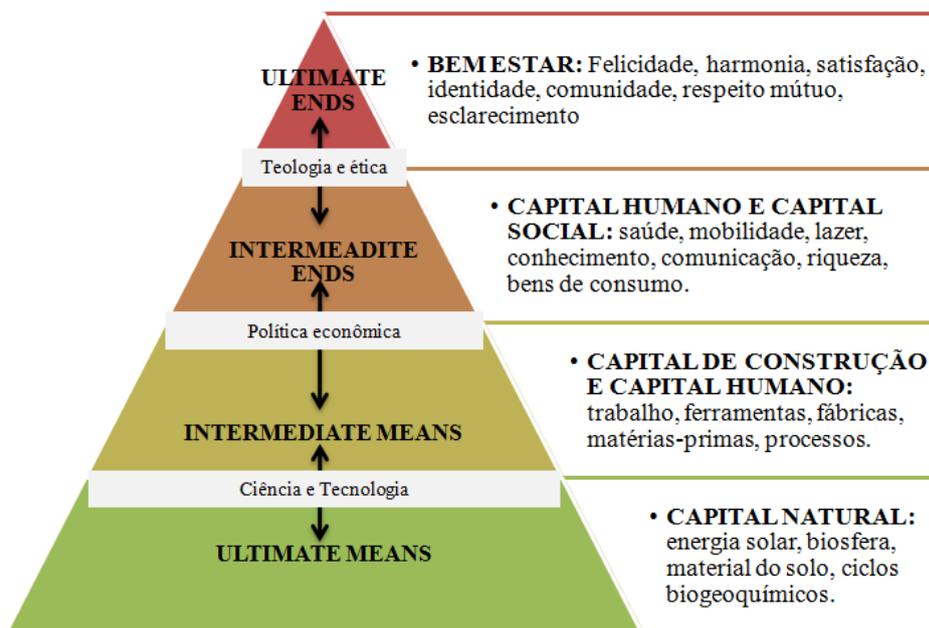
No tocante a sustentabilidade de países as metodologias ESI, ISEW, GPI e HPI são algumas das mais relevantes. O Índice de Sustentabilidade Ambiental ou ESI (*Environmental Sustainability Index*) é um índice robusto, muito laborioso de calcular e com difícil replicação devido utilizar 146 variáveis e 21 indicadores, sendo utilizado apenas na avaliação da sustentabilidade de países (SICHE *et al.*, 2007). Já o ISEW (*Index of Sustainability Economic Welfare*) considera a sustentabilidade do consumo e os efeitos no consumo de capital natural e na distribuição de renda (HORBACH, 2005). Posteriormente o ISEW passou a ser chamado GPI, sendo basicamente a única diferença a terminologia (LAWN, 2005).

GPI (*Genuine Progress Indicator*), ou Indicador de Progresso Genuíno, foi criado em 1995 pela fundação *Redefining Progress* para ser uma medida mais precisa do progresso de alguns países. O indicador inicia com o mesmo quadro contabilístico do PIB (Produto Interno Bruto), então faz algumas distinções fundamentais: acrescenta as contribuições econômicas às famílias e o trabalho voluntário; subtrai fatores como a criminalidade, poluição e desagregação familiar. Como o PIB e o GPI ambos são medidos em termos monetários, eles podem ser comparados na mesma escala (SEGNESTAM, 2002).

Neumayer (1999) faz diversas críticas ao ISEW, e conseqüentemente ao GPI, ao afirmar que a base teórica dos métodos não é sólida, pois seus pressupostos essenciais são arbitrários e negligenciando aspectos como progresso técnico e aumento de capital humano, considerando o indicador ineficaz para medir a sustentabilidade.

O *Happy Planet Index* (HPI) ou Índice Planeta Feliz é uma das primeiras métricas globais para mensurar a sustentabilidade do bem-estar humano. O HPI usa dados globais sobre o bem-estar percebido, expectativa de vida e a Pegada Ecológica para gerar um índice que revela quais países são mais eficientes na produção de vidas longas, felizes para os seus habitantes, mantendo ao mesmo tempo as condições para as gerações futuras fazerem o mesmo. No último relatório publicado em 2012, o HPI mostrou que a maior parte dos países teve desempenho insuficiente, não havendo correlação direta entre grau de felicidade e alta renda ou alto impacto ambiental (ABDALLAH *et al.*, 2012).

Mais recentemente, em 2014, o Fórum Ambiental Ásia-Europa (Asia-Europe Foundation – ASEF) disponibilizou o relatório intitulado “*Sustainable Development Goals and Indicators for a Small Planet*” em que apresenta um *framework* alternativo para avaliação e construção de indicadores que integram aspectos socioeconômicos e questões ambientais. Neste *framework*, conforme Figura 5, indicadores *ultimate means* (últimos meios) referem-se aos recursos naturais e o sistema de suporte à vida do planeta; *ultimate ends* (últimos fins) indicam o bem-estar ou felicidade humana medida por um índice composto. Indicadores *intermediate means* (meios intermediários) envolvem a economia material e os indicadores *intermediate ends* (fins intermediários) representam as capacidades dos indivíduos e as condições de funcionamento das instituições (PINTÉR *et al.*, 2014).

Figura 5 – *Framework* fins-meios.

Fonte: Adaptado de Pintér *et al.* (2014).

No campo empresarial os indicadores de sustentabilidade são mais recentes do que os voltados para países ou localidades, devido o lento entendimento do valor estratégico da sustentabilidade na área de negócios. Entre as metodologias mais frequentes de sustentabilidade empresarial estão: o LCSP (*Lowell Center for Sustainable Production*), GRI (*Global Reporting Initiative*), DJSI (Índice Dow Jones de Sustentabilidade) e ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial).

A metodologia LCSP desenvolvida no Centro Lowell de Produção Sustentável foi proposto por Veleva *et al.* (2003) visando ser uma ferramenta para organizar e ajudar as empresas a avaliar a eficácia do seu conjunto de indicadores de sustentabilidade. Samuel *et al.* (2013) esclarecem que o *framework* LCSP possui cinco níveis de desempenho para um sistema sustentável e centra-se em aspectos ambientais, de saúde e segurança ligados à produção. Os cinco níveis representam a progressão de uma organização em relação a operar de forma sustentável, a lógica é que as organizações geralmente começam com indicadores simples de acompanhamento e evoluem para indicadores complexos.

A Fundação *Global Reporting Initiative* (GRI) foi criada em 1997 pela *United Nations Environment Programme* (UNEP) para ser um centro de colaboração oficial da ONU que tem como missão desenvolver e disseminar globalmente um guia orientativo para a elaboração de relatório de sustentabilidade aplicável. Na terceira edição o guia, batizado de GRI G3, apresentou 79 indicadores de desempenho categorizados em três dimensões da

sustentabilidade – econômica, ambiental e social. Os indicadores de sustentabilidade econômica contêm as principais informações sobre os impactos econômicos da empresa. Na dimensão ambiental, os indicadores referem-se aos impactos e aos sistemas naturais, observando aspectos referentes ao consumo e à produção. A dimensão social é composta por indicadores que envolvem: práticas de trabalho, direitos humanos, sociedade e responsabilidade (NICHIOKA, 2008).

A crença que as empresas que adotam modelos de negócios voltados para a sustentabilidade possuem menor risco de investimento motivou agentes do mercado financeiro a buscar métricas, além das tradicionais baseadas apenas em dados econômicos, que englobassem aspectos como impactos ambientais e responsabilidade social. Neste contexto, surgiu o *Dow Jones Sustainability Group Index* (DJSI) resultante da cooperação entre o STOXX Ltd., Dow Jones Indexes Co. e SAM (SARTORE, 2012). López *et al.* (2007) na avaliação utilizando o DJSI as empresas devem preencher critérios definidos e ponderados em três áreas: econômica, ambiental e social. Uma classificação é atribuída a cada empresa para identificar as principais empresas em sustentabilidade em cada setor. O índice analisa várias questões, que são revistos anualmente para garantir a sua acuracidade e inclusão das melhores práticas em sustentabilidade corporativa.

O DJSI serviu como *benchmarking* para que no Brasil, a Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) criasse o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) com duas finalidades básicas: orientar investidores na seleção de empresas que empregam conceitos éticos na gestão de negócios e evidenciar o desempenho financeiro dessas empresas (SILVA e QUELHAS, 2006). Sartore (2012) esclarece que a formulação do conceito de sustentabilidade que fundamenta o ISE considera a atuação da empresa na sociedade considerando três aspectos principais: a economia, o meio ambiente e a sociedade, o que remete a ideia de *Triple Bottom Line* (*People, Planet and Profit* – PPP).

Apesar da existência de metodologias estabelecidas para avaliação da sustentabilidade, há na área acadêmica um significativo número de pesquisadores realizando trabalhos visando à proposição de métodos e indicadores de mensuração da sustentabilidade ou a aplicação de alguma metodologia para um contexto específico. No contexto internacional, a Europa possui fundos de financiamento e programas com tradição na elaboração de estatísticas e manuais para a avaliação da sustentabilidade. No Brasil os estudos e levantamentos acontecem de forma menos planejada e coordenada.

Na área acadêmica, o uso de métodos e técnicas multicritérios em aplicações relacionada à avaliação sustentabilidade tem tido um grande crescimento na última década

havendo diversos estudos recentes com essa proposta (MUNDA, 2008; DIAZ, 2010; TOSTO e PEREIRA, 2011; DE CARVALHO *et al.*, 2013; GOVINDAN *et al.*, 2013; MEDINECKIENE *et al.* 2015). A principal vantagem dos métodos multicritério frente a outros modelos é sua capacidade de tratar as taxas de intercâmbio (*trade-off*) entre as diferentes dimensões dos indicadores e sistemas de indicadores (DIAZ, 2010).

#### 4.3.1 Síntese dos índices e indicadores de sustentabilidade

O Quadro 7 resume as principais características dos principais índices e indicadores voltados para a avaliação da sustentabilidade. O campo Objeto de análise evidencia a existência de dois tipos principais de índices e indicadores de sustentabilidade: para economias (países, cidades e regiões) e para negócios (empresas, setores econômicos e cadeias de suprimentos). Neste contexto, a presente pesquisa possui um objeto de estudo diferente das metodologias principais, pois busca medir os potenciais efeitos sobre os critérios da sustentabilidade que determinada inovação possivelmente acarretaria.

Este enfoque permite analisar a ocorrência ou não da sustentabilidade nas atividades de governos e empresas não como um evento já materializado ou em execução, e sim, como um evento futuro provável. Neste caso, a atuação dos tomadores de decisão pode gerar duas ações básicas: a primeira seria refutar pesquisas ou projetos com elevado potencial de criar efeitos nocivos à sustentabilidade de uma determinada região ou economia; a segunda consistiria em corrigir as características da inovação para diminuir os efeitos sociais e ambientais negativos. Portanto, com relação à avaliação da sustentabilidade a presente pesquisa expande as aplicações das metodologias de mensuração para pesquisas e projetos com viés de inovação em produtos.

No tocante aos critérios é pertinente destacar a grande heterogeneidade quanto a quantidade de indicadores e variáveis utilizados na composição dos resultados das metodologias de avaliação. Nos índices e indicadores para economias há forte tendência de enfatizar variáveis ambientais e sociais em detrimento de aspectos econômicos. E, no caso dos índices e indicadores de negócios o foco está em medir o melhor desempenho econômico que respeita os princípios da sustentabilidade.

A análise global dos índices e indicadores permite notar que, apesar de algumas metodologias utilizarem um número muito elevado de variáveis, dimensões e indicadores, a maior parte adota a visão *Triple Bottom Line* como conceituação básica de sustentabilidade. Neste contexto é pertinente adotar a mesma definição neste trabalho, tendo como principais

vantagens a maior possibilidade de comparação com as metodologias existentes e o melhor entendimento e aceitação por parte de empresas e tomadores de decisão.

Quadro 7 - Síntese dos principais índices e indicadores de sustentabilidade.

Indicador /metodologia	Objeto	Autor/Instituição criadora	Critérios	Objetivo
Painel da Sustentabilidade	Países Empresas	<i>Consultative Group on Sustainable Development Indicators</i>	Saúde, segurança, educação habitação e população. Estrutura e padrões de consumo e de produção. Solo, ar, águas e biodiversidade.	Ser um índice agregado da performance econômica, social e ambiental.
Pegada Ecológica	Países	WWF International	Alimento, moradia, transporte, bens de consumo e serviços, energia e florestas preservadas e etc.	Transformar o consumo de matéria-prima e a assimilação de dejetos, de um sistema econômico ou população humana, em área correspondente de terra ou água produtiva.
Barômetro da Sustentabilidade	Países	IUCN e IDRC	Bem-estar humano e bem-estar do ecossistema	Avaliar o progresso em direção à sustentabilidade através da integração de indicadores biofísicos e de saúde social
ESI	Países	Universidade de Columbia (EUA) e Universidade de Yale (EUA)	146 variáveis e 21 indicadores	Avaliar a sustentabilidade de países
GPI	Países	<i>Redefining Progress</i>	Produto Interno Bruto, contribuições econômicas às famílias, trabalho voluntário, criminalidade, poluição desagregação familiar, etc.	Ser uma medida mais precisa do progresso de países

Fonte: O autor.

Quadro 7 – Síntese dos principais índices e indicadores de sustentabilidade (continuação).

HPI	Países		Bem-estar percebido, expectativa de vida e a Pegada Ecológica	Mensurar a sustentabilidade do bem-estar humano
LCSP	Empresas	Veleva <i>et al.</i> (2003)	Variáveis ambientais, de saúde e segurança ligados à produção	Ser uma ferramenta para organizar e ajudar as empresas a avaliar a eficácia do seu conjunto de indicadores de sustentabilidade
GRI	Empresas	<i>United Nations Environment Programme</i>	79 indicadores nas dimensões: econômica, ambiental e social	Ser um guia orientativo para a elaboração de relatório de sustentabilidade aplicável às empresas
DJSI	Empresas	STOXX Ltd., Dow Jones Indexes Co. e SAM	Indicadores nas dimensões: econômica, ambiental e social	Ser um índice para identificar as principais empresas em sustentabilidade em cada setor
ISE	Empresas	Bovespa	Indicadores nas dimensões: econômica, ambiental e social	Orientar investidores na seleção de empresas que empregam conceitos éticos na gestão de negócios e evidenciar o desempenho financeiro dessas empresas

Fonte: O autor.

Com relação aos objetivos dos índices e indicadores levantados percebe-se que não há uma forte correlação entre o índice proposto e os índices e indicadores voltado para economias. Os índices LCSP, DJSI e ISE possuem maior grau de similaridade ao objetivo desta pesquisa, pois visam serem instrumentos orientativos para empresas e investidores a cerca do desempenho sustentável das organizações. Todavia, estas metodologias avaliam a empresa como um todo em um determinado período de tempo. Já no índice proposto, o enfoque é mais delimitado, pois o objetivo é avaliar o potencial impacto de uma inovação.

#### 4.4 Índices e indicadores de inovação sustentável

Em relatório intitulado *Our Common Future* – Nosso Futuro Comum – a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento apontou a necessidade de todos os países apoiarem a produção de alternativas tecnológicas adequadas às pressões ambientais, visando o desenvolvimento de produtos e processos inovadores com maior valor de mercado, ciclo de vida mais eficiente e redução de externalidades ambientais e sociais (WCED, 1987).

A partir deste contexto surgiu o desafio de mensurar o grau de sustentabilidade nas diferentes etapas do processo de inovação. Vilha e Carvalho (2005) defendem que o foco da seleção de oportunidades tecnológicas e mercadológicas deve ser voltado para produção de inovações pautadas nos princípios do desenvolvimento sustentável. Para Silveira e Bazzo (2009), esta avaliação crítica sobre determinada tecnologia deve considerar sua constituição histórica, sua função social e respectivo impacto gerado.

Horbach (2005) cita como um importante problema na avaliação dos impactos resultantes das inovações sob a ótica da sustentabilidade, o fato de que a comparação de indicadores de dimensões diferentes é muito difícil. O autor cita como exemplo, a seguinte questão: o que seria melhor? Uma tonelada de emissões de CO<sub>2</sub> evitadas ou a geração de 200 empregos? O autor conclui que não é possível resolver estes problemas de avaliação, sendo apropriado, na maioria dos casos, utilizar sistemas de indicadores descritivos de estado.

Os índices, indicadores e sistemas de indicadores para avaliar as inovações sustentáveis são ainda mais recentes que os equivalentes para áreas de inovação e sustentabilidade, separadamente. Esta condição é confirmada ao verificar-se que comparativamente o número de publicações entre o ano 2000 com 2010 evidencia que a quantidade de publicações relacionadas ao tema inovação sustentável aumentou em quase seis vezes (KNEIPP *et al.*, 2011). Devido este fato não há uma convergência ou popularidade em relação à determinada metodologia ou *framework*. Sendo a maior parte dos métodos de avaliação de inovações sustentáveis fruto de projetos e parcerias recentes entre países, universidades ou institutos de pesquisa, com forte concentração nos Estados Unidos e Europa.

Horbach (2005) lista diversos projetos voltados para a construção de sistemas de indicadores para diferentes tipos de inovações sustentáveis, tais como: SUSTIME, LEADMARKET, INNOMOD, SUBCHEM, COIN, INVERSI, AQUASUS.

O principal interesse do projeto SUSTIME consiste em analisar os determinantes de um processo de inovação bem sucedida, em especial, no que diz respeito às tecnologias sustentáveis. A fase de difusão de novos produtos amigos do ambiente (e sustentáveis) é analisado no projeto LEADMARKET. O projeto INNOMOD desenvolve indicadores para

inovações de processo na indústria do aço. O projeto SUBCHEM desenvolve indicadores para processos de substituição relacionados com substâncias perigosas em produtos e processos na indústria química. O projeto COIN desenvolve indicadores para determinantes de produtos, *end-of-pipe* e inovações organizacionais na indústria química. O projeto INVERSI tem foco especial sobre inovações institucionais e organizacionais. E, o projeto AQUASUS visa criar indicadores para a sustentabilidade do uso da água. A experiência no desenvolvimento destes projetos explicita que a variedade e a complexidade dos sistemas de inovação necessitam de indicadores específicos para cada sistema (HORBACH, 2005).

A partir de 2006 a Comissão Europeia renovou sua estratégia de desenvolvimento sustentável ampliando as ações de financiamento de pesquisas voltadas para a criação de indicadores de desenvolvimento sustentável com a finalidade de servir de instrumentos detalhados de avaliação da situação local para o enfrentamento dos desafios ambientais. Como resultado em 2009 divulgou relatório com a revisão das propostas e resultados obtidos de 40 pesquisas voltadas para a síntese de indicadores de sustentabilidade para diversas aplicações como: transporte, planejamento urbano, tratamento de resíduos, políticas públicas entre outras. Essas pesquisas estão situadas em programas intitulados FP6 e FP7<sup>14</sup>.

Diversas pesquisas desenvolvidas pelos programas FP6 e FP7 possuem a temática da sustentabilidade ligada à questão inovação, tais como os projetos: MEI, ECODRIVE, MERIPA, CLEANTECH, IN-STREAM, KEI e ACE Tech.

Neste contexto o projeto *Measuring Eco Innovation* (MEI) foi realizado em 2007 e contou com a colaboração do EUROSTAT, da *European Environment Agency* (EEA) e do JRC. O MEI oferece uma descrição conceitual da eco-inovação e discute possíveis indicadores culminando em propostas de avaliação da eco-inovação (KEMP e PEARSON, 2007). O indicador gerado pelo MEI combina dois tipos de indicadores que, tradicionalmente, não são agregados: indicadores de inovação (fator inovação) e indicadores ambientais (fator eco-eficiência).

Os indicadores de inovação são de dois tipos: de entrada que consideram os recursos necessários para o processo inovativo; e o de saída que são usados para controlar os resultados obtidos com o processo inovativo. Já os indicadores ambientais são o consumo de energia, consumo de água, consumo de materiais, emissões de substância destruidoras de ozônio, emissões de gases de efeito estufa, emissões acidificantes e geração de resíduos (KEMP e PEARSON, 2007).

---

<sup>14</sup> O termo FP significa *Framework Programmes* para o desenvolvimento tecnológico e de pesquisas. Os números após o termo FP referem-se a edição do programa.

Segundo o projeto MEI a mensuração do impacto da eco-inovação é obtida multiplicando o indicador de eco-inovação pelo número de unidades funcionais vendidas com o produto ou processo desenvolvido, conforme mostrado nas Equações 1 e 2 a seguir.

$$\text{Indicador Eco\_inovação} = \text{Fator inovação} \times \text{Fator eco\_eficiência} \quad (1)$$

$$\text{Impacto Eco\_inovação} = \text{Indicador Eco\_inovação} \times \text{número de unidades vendidas} \quad (2)$$

De forma similar ao MEI, o projeto ECODRIVE foi desenvolvido pela Comissão Europeia como uma tentativa de prover uma metodologia capaz de mensurar a capacidade dos elementos do sistema social de promover melhorias no desempenho ambiental e econômico para uma determinada sociedade. O projeto ECODRIVE define eco-inovação como crescimento econômico combinado com desempenho ambiental da sociedade (HUPPES *et al.*, 2008).

O ECODRIVE é um *framework* baseado em DPSIR, sendo os seguintes principais grupos de indicadores utilizados na metodologia: indicadores de política, indicadores institucionais, indicadores culturais, indicadores *proxy*, indicadores socioeconômicos, indicadores ambientais, indicadores de desempenho socioeconômico, indicadores de desempenho ambiental (HUPPES *et al.*, 2008).

Os projetos MEI e ECODRIVE são contemporâneos e se configuram como esforços da União Europeia de buscar aumentar o conhecimento sobre eco-inovação para formulação de estratégias transversais para os países do bloco. Todavia, apesar de haver similaridades entre os projetos eles possuem um caráter complementar, já que enquanto o MEI tem um foco ambiental e o ECODRIVE visa identificar as condições necessárias para a construção de soluções que combinem o foco econômico com o foco ambiental (HUPPES *et al.*, 2008).

Já o projeto MERIPA (*Methodology for European regional innovation policy assessment*) desenvolve indicadores para medir a inovação a nível regional o que permite classificá-lo como um conjunto de indicadores ligado à inovação, competitividade e eco-eficiência. A metodologia obtida é composta por um conjunto de indicadores de referência na forma de cinco índices de inovação, a fim de permitir a comparação trans-regional do impacto de diferentes estratégias e políticas sobre o desempenho do sistema de inovação (EUROPEAN COMMISSION, 2009).

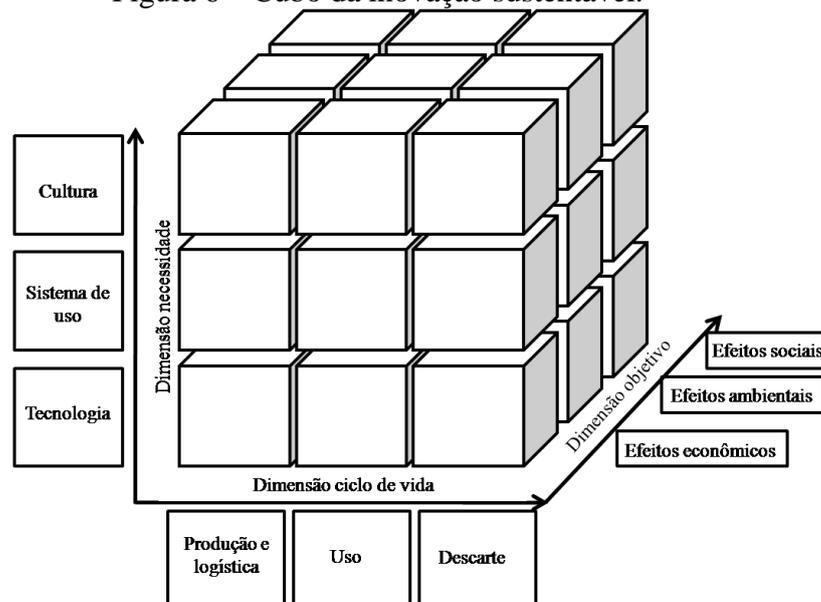
O projeto CLEANTECH (*Clean technologies: prospective techno-economic analyses and scenarios*) contempla uma avaliação qualitativa e quantitativa da influência das TIC na sustentabilidade ambiental, em particular em relação aos indicadores-chave ambientais. Com um enfoque mais delimitado, o projeto ACE Tech (*New and clean energy technology assessment systems*) apoia o desenvolvimento do Sistema de Informação e Referência sobre

Tecnologias de Energias-Renováveis. Este sistema tem como objetivo concentrar a coordenação, comunicação e divulgação de dados para os *stakeholders* do processo de política energética para avaliação das opções tecnológicas do setor de energia no contexto do desenvolvimento sustentável (EUROPEAN COMMISSION, 2009).

O projeto IN-STREAM (*INtegrating MainSTREAM Economic Indicators with those of Sustainable Development*) tem como meta fornecer informações sobre as sinergias e *trade-offs* implícitos em busca do crescimento econômico e sustentabilidade ambiental da Europa. Ao fazê-lo, o projeto irá realizar avaliações quantitativas e qualitativas, a fim de vincular os indicadores econômicos tradicionais com os principais indicadores de bem-estar e sustentabilidade ao mesmo tempo. De forma similar, o objetivo do projeto KEI (*Knowledge Economy Indicators: Development of Innovative and Reliable Indicator Systems*) é identificar os principais indicadores para as economias do conhecimento e metodologias para a construção de indicadores compostos para medir e comparar o desempenho das economias nacionais baseadas no conhecimento (EUROPEAN COMMISSION, 2009).

Em uma pesquisa independente, professores da Universidade Tecnológica de Munique (Alemanha) desenvolveram um modelo genérico para avaliação de inovações orientadas para a sustentabilidade, a partir de extensa revisão de literatura, os autores sintetizaram o modelo intitulado *Sustainability Innovation Cube* (SIC) – Cubo da Inovação Sustentável – apresentado na Figura 6 (HANSEN *et al.*, 2009).

Figura 6 – Cubo da inovação sustentável.



Fonte: Adaptado de Hansen *et al.* (2009).

Este *framework* é formado por três dimensões distintas: a dimensão objetivo que é baseada na visão *Triple bottom line* onde a sustentabilidade é definida em função das dimensões econômica, social e ambiental; a dimensão do ciclo de vida do produto descreve que o equilíbrio proposto na dimensão objetivo deve ser obtido ao longo da cadeia de suprimentos do produto, para esse ser dito como sustentável; e a dimensão necessidade evidencia que o grau de sucesso de determinada inovação pelo mercado depende de fatores culturais, antropológicos e sociais.

No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) é uma instituição com tradição na elaboração de metodologias e práticas de avaliação multidimensional dos impactos gerados pelas tecnologias desenvolvidas e transferidas para os produtores agrícolas nacionais. Vedovoto *et al.* (2008) argumentam que as avaliações de impactos econômicos, ambientais e sociais das tecnologias produzidas na Embrapa devem ser realizadas em todos os estágios do processo de inovação, desde o planejamento e seleção do projeto de pesquisa até o lançamento da tecnologia no mercado.

Rodrigues *et al.* (2002) apresentam a metodologia Ambitec-Agro como uma das pioneiras nesse processo, tendo sido criada para tratar apenas da dimensão ecológica, e é composto de um conjunto de quatro aspectos dos impactos causados pela inovação tecnológica agropecuária no ambiente: magnitude, eficiência e contribuição para a conservação e recuperação ambiental.

O *software* INOVA-tec 2.0 é um exemplo mais recente dos esforços bem-sucedidos da Embrapa na avaliação dos impactos gerados pelas tecnologias produzidas na instituição, tendo sido criado para ser um método de avaliação dos impactos diretos e indiretos de inovações tecnológicas. A metodologia considera as seguintes dimensões da inovação: social, ambiental, econômica, de desenvolvimento institucional, capacitação, introdução da tecnologia e ocorrências inesperadas. Apesar de ser inspirado no Manual de Oslo, o INOVA-tec é mais amplo que o modelo proposto pela OCDE por considerar além da empresa, aspectos relacionados ao sistema de inovação (JESUS, 2011).

#### 4.4.1 Síntese dos índices e indicadores de inovação sustentável

A revisão de literatura acerca dos principais índices e indicadores de inovação sustentável demonstra que esta temática encontra-se em pleno desenvolvimento, não havendo trabalhos referenciais sobre o tema ou mesmo consenso sobre as melhores práticas para avaliação desse fenômeno. Esse argumento pode ser sustentado pela análise presente no

Quadro 8, no qual é notável que a maior parte dos métodos existentes é financiado ou desenvolvido por instituições públicas na Europa, EUA ou Brasil, no caso da América Latina.

Esses métodos são resultados de projetos de pesquisa ligados à inovação e à sustentabilidade que visam prover ferramentas de acompanhamento e apoio à tomada de decisão para formulação de políticas públicas (KEI, SUSTIME, ECODRIVE, MERIPA e IN-STREAM) ou para o desenvolvimento de inovações no setor empresarial (LEADMARKET, SUBCHEM, MEI, CLEANTECH, ACE tech, SIC e INOVA-tec).

Quadro 8 - Síntese dos principais índices e indicadores de inovação sustentável.

Indicador/ metodologia	Objeto	Autor/ Instituição criadora	Critérios	Objetivo
SUSTIME	Processo de inovação	G. Erdmann, J. Nill, R. Kemp e C. Sartorius.	Políticas de preparação de inovações, políticas de utilização, temporalidade.	Analisar os fatores de sucesso de tecnologias sustentáveis
LEADMARKET	Difusão da inovação	EU	Indicadores de produção e de participação de mercado.	Analisar a fase de difusão de ecoprodutos.
SUBCHEM	Indústria química	EU	Produtos químicos legislação, políticas de estado e as instituições e atores da sociedade civil.	Desenvolver indicadores de processo para o setor químico.
MEI	Empresas	EUROSTAT, EEA e JRC	Indicadores de entrada e saída do processo inovativo. Indicadores ambientais: consumo de energia, água, e materiais, etc.	Ser uma propostas de avaliação da eco- inovação
ECODRIVE	Sociedade	EUROSTAT	Indicadores: políticos, institucionais, culturais, <i>proxy</i> , socioeconômicos, ambientais, de desempenho socioeconômico, de desempenho ambiental	Mensurar a capacidade dos elementos do sistema social de promover melhorias no desempenho ambiental e econômico
MERIPA	Economia de uma região	European comission	Partilha de capital de risco entre setores de alta tecnologia como: biotecnologia, nanotecnologia. Percentual do PIB de empresas de capital de risco.	Medir a inovação a nível regional

Fonte: O autor.

Quadro 8 – Síntese dos principais índices e indicadores de inovação sustentável (cont.).

CLEANTECH	Economia de uma região	European commission	Indicadores de desenvolvimento científico, tecnológico e econômico	Avaliar o papel das TIC na sustentabilidade ambiental
IN-STREAM	Países da Europa	European commission	Indicadores de bem-estar e sustentabilidade	Fornecer informações sobre as sinergias e <i>trade-offs</i> implícitos em busca do crescimento econômico e sustentabilidade ambiental
KEI	Políticas de P&D	European commission	Indicadores de política ou pressão para a inovação ambiental, facilitadores, entradas, saídas, sociais e Medidas de efeitos ambientais.	O objetivo do projeto foi desenvolver e melhorar os indicadores para a economia do conhecimento
ACE Tech	Energias renováveis	European commission	Dados técnicos das tecnologias emergentes.	Desenvolver um Sistema de Informação e Referência sobre Tecnologias de Energias-Renováveis
SIC	Impacto de inovações	Hansen <i>et al.</i> (2009)	Dimensões objetivo (econômica, social e ambiental), ciclo de vida e necessidade.	Avaliar inovações orientadas para a sustentabilidade
INOVA-tec	Impacto de inovações	Embrapa	Dimensões: social, ambiental, econômica, de desenvolvimento institucional, capacitação, introdução da tecnologia e ocorrências inesperadas	Ser um método de avaliação dos impactos diretos e indiretos de inovações tecnológicas

Fonte: O autor.

Devido a extensa variabilidade de objetivos propostos em cada projeto há uma significativa variabilidade de critérios utilizados em cada índice, indicador ou sistema de indicadores criados. Todavia, percebe-se que essas metodologias em geral misturam variáveis presentes nas principais metodologias de avaliação da inovação, tais como indicadores de

P&D e/ou participação de mercado, com variáveis presentes nas principais metodologias de avaliação da sustentabilidade, em especial a abordagem *Triple bottom line*.

Ao analisar o objeto dos índices e indicadores existentes parece haver três correntes principais. A primeira focada na gestão pública que visa avaliar como a inovação pode melhorar o desempenho econômico de países sem restringir as opções ambientais e sociais das gerações futuras. A segunda corrente é voltada para as empresas e aborda temas como difusão da inovação, processo inovador e seleção de ecoprodutos. A terceira está centrada na avaliação das tecnologias e seus impactos nas dimensões da sustentabilidade.

Os índices e indicadores da terceira corrente são os que mais estão alinhados aos objetivos deste trabalho. Em especial os métodos SIC e INOVA-tec devido aos seus objetivos serem similares aos que são propostos nesta pesquisa e as suas estruturas serem de fácil entendimento e replicação. No entanto, o INOVA-tec foi desenvolvido para avaliar o impacto das inovações desenvolvidas pela Embrapa, uma empresa de criação de tecnologias agrícolas. Já neste trabalho o enfoque é a área de estudo da biotecnologia, que conforme visto, pode ser utilizada para desenvolver tecnologias agrícolas, mas também em diversos outros setores relevantes como o farmacêutico e o de cosméticos.

O modelo SIC pode ser adaptado para avaliar qualquer tipo de inovação orientada para sustentabilidade, desde que suas variáveis sejam ajustadas para cada tecnologia específica, uma vez que se trata de um modelo genérico. As vantagens do SIC são: fácil compreensão; interdependência dos critérios (uma premissa para avaliar a sustentabilidade); possibilidade de adaptação para cada tipo de tecnologia; e, orientado para uso por parte de tomadores de decisões empresariais. Já as desvantagens incluem: ausência de um método matemático para síntese da análise utilizando o modelo, conforme apontado por Hansen *et al.* (2009); maior nível de complexidade do que modelos hierárquicos e/ou lineares convencionais; maior necessidade de informação; e, maior esforço para revisão e atualização dos resultados obtidos.

Considerando os argumentos expostos a presente pesquisa opta por utilizar o modelo SIC como *framework* para construção de um índice de inovação sustentável através da proposição de um modelo matemático para síntese de resultados na avaliação de inovações sustentáveis. A escolha se deve ao fato de o SIC ser um modelo genérico recente com a finalidade de avaliar os efeitos que determinada inovação pode gerar nas dimensões da sustentabilidade. Portanto, compatível com a proposta desta pesquisa. É necessário de uma proposta teórica matemática que possibilite aplicações por parte de empresas, configurando assim uma lacuna científica importante. Desta forma, com o êxito desta pesquisa uma das principais deficiências da abordagem possuirá uma potencial solução.

Neste sentido, o próximo capítulo discutirá as principais abordagens que podem permitir que o modelo selecionado possa ser utilizado para tomada de decisões ligadas a promoção da inovação sustentável.

## 5. MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Nesta seção são abordadas as principais técnicas e metodologias de tomada de decisão multicritério. Em seguida é apresentada em mais detalhes a técnica *Analytic Network Process* que é utilizada neste trabalho como ferramenta de cálculo para construção do índice de inovação sustentável. Esta seção é finalizada apresentando trabalhos científicos que utilizam o *Analytic Network Process* para construção de índices e indicadores em diversas áreas do conhecimento.

### 5.1 Principais técnicas de decisão multicritério

Diariamente as pessoas são submetidas a situações em que é necessário fazer uma escolha entre múltiplas alternativas, e nesse processo de seleção da melhor alternativa é comum considerar-se múltiplos critérios que variam de natureza e importância de acordo com o indivíduo, o ambiente e as restrições de recursos. Neste contexto, formalmente, nasceu em meados do início do século XX a Teoria da Decisão como uma proposta teórica para a resolução de problemas complexos de seleção de alternativas, em geral, no contexto organizacional.

Buchanan e O'connell (2006) evidenciam o caráter multidisciplinar da Teoria da Decisão ao lembrarem que o estudo da tomada de decisão é uma mescla de várias disciplinas do saber, como matemática, sociologia, psicologia, economia e ciência políticas. No contexto organizacional, Bispo e Cazarini (1998) lembram que a tomada de decisão tornou-se ainda mais necessária e complexa com a adição da disciplina de ciência da computação, através do uso de ferramentas computacionais de apoio à tomada de decisão.

A Teoria da Decisão resultou na criação das técnicas de *Multicriteria Decision Making* (MCDM), ou Métodos de Decisão Multicritério<sup>15</sup>, que segundo Triantaphyllou *et al.* (1998) é um ramo de uma classe geral de modelos da área de Pesquisa Operacional (PO) que lidam com problemas de decisão sob a presença de uma série de critérios de decisão. Lima Junior *et al.* (2014) conceituam o MCDM como um conjunto de técnicas quantitativas que permitem realizar a avaliação de diversas alternativas considerando múltiplos critérios simultaneamente.

O uso das técnicas de MCDM nas organizações contemporâneas é defendido por Oliveira *et al.* (2013) com o argumento que a crescente competitividade do mercado global e o conseqüente aumento dos riscos obrigam as empresas a repensar seus processos, de forma a

---

<sup>15</sup> Em muitos trabalhos acadêmicos no Brasil o termo é traduzido como Apoio Multicritério à Decisão (AMD) ou Análise Multicritério (JANNUZI *et al.*, 2009).

umentar os níveis de eficiência, a capacidade de resposta e a flexibilidade. Tornando a aplicação do MCDM na análise de problemas de decisão estratégicas uma ferramenta importante para alcançar estes objetivos.

As técnicas de MCDM podem ser classificadas em duas categorias principais: *Multi-attribute Decision Making* (MADM) ou Tomada de Decisão Multiatributo, e *Multi-objective Decision Making* (MODM) ou Tomada de Decisão Multi-objetivo (TRIANTAPHYLLOU *et al.*, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2013). A MODM estuda problemas de decisão em que o espaço de decisão é contínuo. Já, a MADM concentra-se em problemas com espaços de decisão discretos (TRIANTAPHYLLOU *et al.*, 1998). A escolha sobre qual categoria deve ser aplicada depende da natureza do problema e da disponibilidade de informação para o decisor.

Edwards (1954), um dos teóricos precursores do estudo da decisão, afirma que as técnicas de MDCM centram-se no conceito de valor subjetivo, ou utilidade, das alternativas entre as quais o tomador de decisão deve escolher, assumindo que as pessoas se comportam racionalmente, isto é, que elas escolhem de tal forma a maximizar a utilidade presente ou esperada. Guglielmetti *et al.* (2003) lembram que os métodos de MCDM diferem entre si através da maneira pela qual os múltiplos critérios são operacionalizados, havendo para cada método diferentes propriedades nos seguintes fatores: modo pelo qual os critérios são julgados; obtenção de pesos (importância, preferência ou possibilidade) dos critérios ou alternativas; tratamento dos pesos para obtenção do desempenho global das alternativas.

As técnicas de MCDM mais relevantes e aplicadas em pesquisas científicas são: SAW/MAUT, AHP, ANP, ELECTRE, PROMETHÉE, TOPSIS, MACBETH, e suas respectivas abordagens *fuzzy* (TRIANTAPHYLLOU *et al.*, 1998; SALOMON, 2004; ZHOU *et al.*, 2006; HERNÁNDEZ, 2008; TOLOIE-ESHLAGHY e HOMAYONFAR, 2011; ARULDOSS *et al.*, 2013; LIMA JUNIOR *et al.*, 2014). Foram encontradas diversas referências a técnicas relevantes como DEA (*Data Envelopment Analysis*), Redes Neurais Artificiais (RNA), Algoritmos genéticos, programação por objetivos, DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*), entre outros menos frequentes (TOLOIE-ESHLAGHY e HOMAYONFAR, 2011; LIMA JUNIOR *et al.*, 2014).

Dentre os métodos principais, o mais popular é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), ou Método de Análise Hierárquica, conforme extensa mineração de dados em bases científicas realizada por Toloie-Eshlaghy e Homayonfar (2011). A popularidade da AHP é provavelmente devido à sua simplicidade, facilidade de compreensão e aptidão para a avaliação de critérios qualitativos (ZHOU *et al.*, 2006). O AHP juntamente com sua generalização o *Analytic Network Process* (ANP), ou Método de Análise em Rede, o

SAW/MAUT (*Simple Additive Weighting/ Multi-Attribute Utility Theory*) e o MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) formam as principais metodologias da corrente americana das técnicas de MCDM.

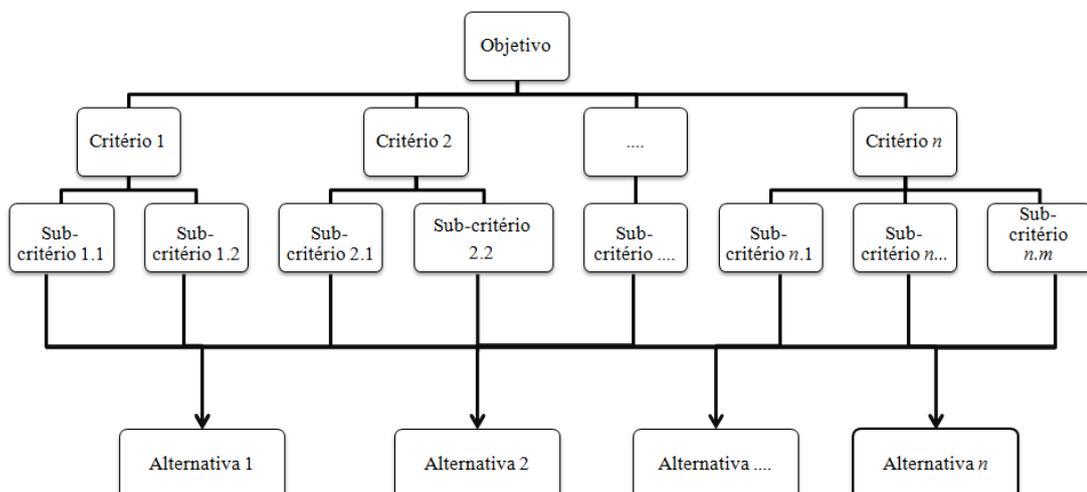
Segundo Munda (2008) o AHP é baseado em quatro axiomas principais: 1) Dada quaisquer duas alternativas (ou sub-critérios), o tomador de decisão é capaz de fornecer uma comparação paritária recíproca entre essas alternativas para qualquer critério; 2) Ao comparar quaisquer duas alternativas, o tomador de decisão não julga uma ser infinitamente melhor do que outra para quaisquer critérios; 3) Pode-se formular o problema de decisão como uma hierarquia; 4) Todos os critérios e as alternativas relevantes estão representados na hierarquia.

Criado em 1977 por Saaty, o AHP é definido como sendo um método de apoio à decisão multicriterial baseado em três princípios: a construção de uma hierarquia; o estabelecimento de prioridades; e a consistência lógica das prioridades (SAATY, 1980). Os passos para implementação do AHP podem ser sintetizados em oito passos a seguir descritos (SAATY, 1999).

Passo 1: Definir o problema e especificar a solução desejada. Esta etapa consiste em entender a natureza do problema e buscar informações que permitam a sua formulação na forma de hierarquia no passo seguinte. O entendimento correto da solução deseja permite a correta seleção dos critérios e alternativas relevantes.

Passo 2: Estruturar a hierarquia global do ponto de vista gerencial. Saaty (1999) defende o uso de hierarquias no processo de tomada de decisão, pois estas servem como uma ferramenta mental que identifica elementos do problema, agrupa os elementos em conjuntos e arranja esses elementos em níveis. A Figura 7 apresenta um exemplo de hierarquia genérica.

Figura 7 – Exemplo de hierarquia para um processo de tomada de decisão.



Fonte: Adaptado de Forman e Selly (2001).

Passo 3: Construir uma matriz de comparação paritária com a relevância ou impacto de cada par de alternativa em relação o critério do próximo nível mais alto. Os elementos superiores a diagonal principal da matriz de julgamentos devem possuir um elemento recíproco abaixo da diagonal principal. Segundo Saaty (1980), para um nível com  $n$  critérios, são requeridas  $\frac{n \times (n-1)}{2}$  comparações entre  $a_i$  e  $a_j$ ,  $\forall i, j$ , construindo-se uma matriz de preferências  $A_{i,j}$  ( $n \times n$ ).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Passo 4: Obter todos os julgamentos necessários para desenvolver o conjunto de matrizes no passo 3. Saaty (1980) propõe uma escala fundamental de julgamento entre critérios e alternativas, conforme Anexo A. O Quadro 9 exemplifica o preenchimento da matriz de julgamento com a escala fundamental de Saaty.

Quadro 9 - Exemplo de matriz de julgamentos preenchida.

Fornecedor	A	B	C
A	1	1/7	1/5
B	7	1	3
C	5	1/3	1

Fonte: Adaptado de Salomon (2004).

Passo 5: Obter as prioridades e realizar o teste de consistência. Salomon (2004) esclarece que no método AHP, os valores de importância dos atributos são obtidos com o autovetor,  $w$ , da matriz de julgamentos,  $A$ , conforme a Equação 4 abaixo, onde  $\lambda$  é o autovalor máximo.

$$A \cdot w = \lambda \cdot w \quad (4)$$

Na avaliação da consistência dos julgamentos o AHP utiliza o teste de CR (*Consistency Ratio* – Razão de Coerência). O CR é calculado é um indicador da coerência dos julgamentos, que considera o afastamento entre  $\lambda$  e  $n$  (SALOMON, 2004). O cálculo do CR é mostrado na Equação 5, onde o valor de RI (*Random Consistency Index* – Índice de Coerência Aleatória) é obtido conforme Anexo B.

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1).RI} \quad (5)$$

Passo 6: Realizar os passos 3, 4 e 5 para todos os níveis da hierarquia.

Passo 7: Usar composição hierárquica para ponderar o vetor de prioridade pelo peso dos critérios, em seguida obter a soma de todas as prioridades ponderadas correspondentes à do nível inferior seguinte. O resultado final é o vetor de prioridade do mais baixo nível da hierarquia (alternativas). Um exemplo prático do resultado final obtido na síntese de resultado do AHP é mostrado no Quadro 10.

Quadro 10 - Resultado final do método AHP.

Fornecedor	Desempenho Global
A	16,3%
B	56,6%
C	27,1%

Fonte: Adaptado de Salomon (2004).

Passo 8: Avaliar a consistência da hierarquia através do cálculo da taxa de consistência que deve ser menor que 10%.

No contexto prático, Sipahi e Timor (2010) evidenciaram que as principais áreas de aplicação do AHP são em indústrias com enfoque para problemas como: avaliação da estratégia, avaliação de desempenho, design de produtos e processos, avaliação do risco, sistemas de seleção, análise custo/benefício, avaliação da qualidade e mensuração de objetivos. Zhou *et al.* (2006) destacam que no setor público as principais aplicações do AHP são para as políticas energéticas e políticas ambientais.

Apesar da vasta aplicação do AHP em vários tipos de problema, o método possui limitações em alguns casos. Segundo Saaty (2006) muitos problemas de decisão não podem ser estruturados hierarquicamente, pois envolvem a interação e interdependência de elementos de nível superior com elementos de nível inferior em uma hierarquia. Desta forma Saaty propôs o método ANP como uma generalização do método AHP, visando considerar a interdependência dos elementos da hierarquia, sendo o problema apresentado na forma de rede. O método ANP será abordado em mais detalhes na seção 5.2 deste trabalho.

Já a Teoria da Utilidade Multiatributo, ou MAUT, explicam que combina uma classe de modelos de mensuração psicológica com técnicas de escalonamento que podem ser aplicadas para avaliação de alternativas com múltiplos valores de atributos relevantes (VON WINTERFELDT e FISCHER, 1973). A MAUT baseia-se na seguinte hipótese: em qualquer

problema de decisão existe uma função de valores reais  $V$  (chamado função de valor) definida no conjunto  $A$  de ações viáveis bem identificadas que um tomador de decisões deseja examinar. Esta função agrega os critérios diferentes tomada em consideração, de modo que o problema pode ser formulado conforme a Equação 6 (MUNDA, 2008).

$$\max V(gi(a)) : a \in A \quad (6)$$

Onde  $V(gi(a))$  é uma função de agregação de valor para  $m$  critérios, sendo a função do analista determina está função.

O *Simple Additive Weighting*, ou Ponderação Simples Aditiva, é um dos métodos mais populares para construção da função de agregação. No SAW o resultado final de cada alternativa é calculado com usando a Equação 7 para em seguida serem ranqueadas (MEMARIANI *et al.*, 2009).

$$P_i = \sum_{j=1}^k w_j \cdot r_{ij} ; i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

Em muitos casos os atributos são incomensuráveis, o que acarreta que a matriz de decisão precisa ser normalizada, de modo a transformar os vários valores de atributo para valores comparáveis (FAN *et al.*, 2004). Neste processo é necessário a aplicação das Equações 8 e 9 que fazem o escalonamento dos valores, de acordo com o tipo de critério que está sendo utilizado no modelo (FAN *et al.*, 2004; MEMARIANI *et al.*, 2009). A Equação 8 é utilizada para critérios que são benefícios, enquanto que a Equação 9 é utilizada para escalonar critérios do tipo custo.

$$r_{ij} = \frac{d_{ij} - d_{ij}^{\min}}{d_{ij}^{\max} - d_{ij}^{\min}} \quad (8)$$

$$r_{ij} = \frac{d_{ij}^{\max} - d_{ij}}{d_{ij}^{\max} - d_{ij}^{\min}} \quad (9)$$

Onde  $d_{ij}^{\max}$  e  $d_{ij}^{\min}$  são dados, respectivamente, pelas Equações 10 e 11.

$$d_{ij}^{\max} = \max\{d_{1j}, d_{2j}, \dots, d_{mj}\} \quad j = 1, \dots, n \quad (10)$$

$$d_{ij}^{\min} = \min\{d_{1j}, d_{2j}, \dots, d_{mj}\} \quad j = 1, \dots, n \quad (11)$$

As grandes vantagens desta técnica são: a simplicidade de aplicação, a qual potencializa sobremaneira sua utilidade como ferramenta, e a facilidade das questões colocadas para o decisor, que influenciam positivamente o decisor na compreensão e aceitação desta técnica de apoio a sua decisão (VALOIS e ALMEIDA, 2009).

Outra técnica multicritério muito presente na literatura é o *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*, em tradução livre, Mensuração de Atratividade por Técnica de Avaliação Baseada em Categoria, criada por Bana e Costa e Vansnick em 1994. Salomon (2004) lembra que assim como o método AHP, o MACBETH utiliza matrizes de julgamentos para obter os valores de desempenho das alternativas com relação a cada critério e também para obter valores de importância dos critérios. No entanto, Salomon classifica o MACBETH como um método que possui elementos tanto da escola americana de MCDM (agregação) quanto da escola europeia (subordinação).

Na aplicação do método MACBETH, os julgamentos da importância dos critérios e do desempenho das alternativas ocorrem de maneira indireta. As alternativas não são comparadas umas contra as outras, e sim, comparadas com padrões ou normas (SALOMON, 2004). Ensslin *et al.* (2013) esclarecem que concretamente, o método propõe ao decisor que exprima os seus juízos absolutos de diferença de atratividade por uma das seis categorias de dimensão:

- C1 – diferença de atratividade muito fraca;
- C2 – diferença de atratividade fraca;
- C3 – diferença de atratividade moderada;
- C4 – diferença de atratividade forte;
- C5 – diferença de atratividade muito forte; e
- C6 – diferença de atratividade extrema.

Nas aplicações do método MACBETH os critérios são denominados de “pontos de vistas”; a seleção de uma alternativa de “ação potencial”; os valores de importância relativa dos critérios de “taxas de substituição dos pontos de vistas”; o desempenho de uma alternativa com relação a um critério de “valor local de uma ação” e o Desempenho Global de “valor global da ação potencial” (ENSSLIN *et al.*, 2001).

Ao contrário do AHP que utiliza autovetor da matriz de julgamento para calcular as prioridades das alternativas e critérios, no MACBETH é utilizado quatro problemas de programação linear (MELLO *et al.*, 2002). A maior parte das aplicações do MACBETH é voltada para o setor público (ENSSLIN *et al.*, 2000; MELLO *et al.*, 2002).

Os próximos três métodos a serem descritos são os principais representantes da escola europeia de MCDM. O primeiro é o *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHÉE), método criado inicialmente por Brans em 1982 e, posteriormente, expandido por Brans e Vincke em 1985 (BRANS *et al.*, 1986).

A família de métodos PROMETHÉE visa construir uma relação de sobreclassificação, adicionando informação entre alternativas e critérios, e usa essa relação para apoiar a decisão (MELO *et al.*, 2015). De acordo com Brans *et al.* (1986), os métodos PROMETHÉE possuem como principais vantagens a simplicidade, clareza e estabilidade.

Keyser e Peeters (1996) elencam uma série de condições que devem ser atendidas para que a aplicação dos métodos da família PROMETHÉE seja eficiente:

- O decisor pode expressar sua preferência entre duas ações para todos os critérios com base em uma escala;
- O decisor pode expressar a importância que ele atribui a cada critério usando uma escala;
- O decisor leva em consideração todos os critérios e está ciente que os pesos representam *trade-offs*;
- Para todos os critérios a diferença entre as avaliações deve ser significativa;
- Nenhuma das possíveis diferenças para quaisquer critérios pode gerar discordância;
- O decisor sabe exatamente o que pode acontecer se uma ou mais ações são adicionadas ou excluídas e está totalmente ciente da influência na decisão final.

Brans e Vincke (1985) apontam que a descrição dos pesos de  $p_j$  representa o grau de importância de cada critério e o grau de sobreclassificação  $\pi(a, b)$  são computados de acordo com as Equação 12 e 13.

$$\pi(a, b) = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^n p_j F_j(a, b) \quad (12)$$

$$P = \sum_{j=1}^n p_j \quad (13)$$

Onde a função  $F_j(a, b)$  é um número entre 0 e 1 que aumenta quando o valor de  $g_j(a) - g_j(b)$  aumenta e é igual a zero se  $g_j(a) = g_j(b)$ , onde  $g_j(a)$  é a avaliação de uma alternativa  $a$  no critério  $j$ . Para Brans e Vincke (1985),  $F_j(a, b)$  é um tipo de intensidade de preferência. Depois de obtido os valores de  $\pi(a, b)$  duas ordenações podem ser obtidas com as Equações 14 e 15.

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (14)$$

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (15)$$

A intersecção destes dois fluxos produz uma ordenação parcial, resultado da aplicação do PROMETHÉE I. O método PROMETHÉE II, por outro lado, classifica as alternativas baseado no fluxo  $\varphi(a)$  dado pela Equação 16.

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (16)$$

Obtendo, assim, uma ordenação completa das alternativas. A principal diferença entre o PROMETHÉE I e o PROMETHÉE II reside que o segundo obtém uma classificação completa e o primeiro apenas parcial.

O PROMETHÉE III e IV foram desenvolvidos para o tratamento de problemas decisão mais sofisticado, particularmente com um componente estocástico. Já no PROMETHÉE V restrições foram introduzidas e o problema é identificado pela seleção das opções. Este método incorpora a filosofia de otimização completa. O PROMETHÉE VI é indicado quando o decisor é incapaz de definir precisamente os pesos dos critérios, neste caso, faixas de valores possíveis podem ser usadas invés de valores fixos entre os pesos dos critérios (MELO *et al.*, 2015).

PROMETHÉE GAIA é uma variação que integra os resultados obtidos com o método PROMETHÉE ao plano GAIA, que consiste em uma ferramenta descritiva que provê uma poderosa representação gráfica. O plano GAIA é o resultado da aplicação da técnica *Principal Component Analysis* (PCA), ou Análise de Componentes Principais, sendo sua ideia principal reduzir problemas de múltiplas dimensões para vários bidimensionais para uma apresentação direta. Esta ferramenta permite o melhor entendimento dos conflitos entre os critérios e do relacionamento do problema com os pesos associados a eles (BEHZADIAN *et al.*, 2010).

Behzadian *et al.* (2010) realizaram um extenso estudo sobre a aplicação dos métodos PROMETHÉE, tendo sido encontrado 195 trabalhos científicos agrupados em 9 áreas principais: gestão ambiental, gestão de águas e hidrologia, gestão financeira e negócios, química, logística e transportes, manufatura, gestão energética, ciências sociais e outros tópicos. Melo *et al.* (2015) defende que cada método da família PROMETHÉE é mais apropriado para cada situação particular.

O método *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité* foi desenvolvido por Roy (1968). Aruldoss *et al.* (2013) afirmam que o método ELECTRE contribui para o decisor selecionar a melhor escolha com o máximo de vantagem e o mínimo de conflito em função de vários critérios. Salomon (2004) aponta a superação como o conceito central do método: a alternativa  $i$  supera  $j$  se o desempenho de  $i$  for pelo menos tão bom quanto o de  $j$ .

A ideia principal do ELECTRE é propor a utilização de relações de sobreclassificação, criando a possibilidade de modelar o problema de decisão usando índices. Estes índices formam matrizes de concordância e discordância. O decisor usa os índices de concordância e discordância para analisar a sobreclassificação entre as diferentes alternativas e escolher a melhor alternativa usando dados *crisp* (ARULDOSS *et al.*, 2013). Na prática, procura se identificar se o risco de se considerar uma alternativa tão boa quanto outra é pelo menos aceitável (GOMES *et al.*, 2003 *apud* SALOMON, 2004).

Os passos básicos para implementação do método ELECTRE são citados a seguir (BENAYOUN, *et al.*, 1966 *apud* TRIANTAPHYLLOU *et al.*, 1998).

Passo 1: Normalizar a matriz de decisão. Este procedimento transforma várias unidades na matriz de decisão em unidades adimensionais comparáveis usando a Equação 17.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^M a_{ij}^2}} \quad (17)$$

Desta forma, a matriz normaliza  $X$  é definida como:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1N} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{M1} & x_{M2} & \dots & x_{MN} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Onde  $M$  é o número de alternativas e  $N$  é o número de critérios, e  $x_{ij}$  é o novo e adimensional preferência mensurada da  $i$ -nésima alternativa em termos do  $j$ -nésimo critério.

Passo 2. Ponderação da matriz de normalizada. Cada coluna da matriz  $X$  é multiplicada pelos seus respectivos pesos associados, os quais foram atribuídos aos critérios pelo decisor. Portanto, a matriz ponderada, denotado como  $Y$ , é:

$$Y = XW \quad (19)$$

Passo 3. Determine os conjuntos de concordância e discordância. O conjunto de  $C_{kl}$  de duas alternativas  $A_k$  e  $A_l$ , onde  $C_{kl}$ , para  $l \geq 1$ , é definido como o conjunto de todos os critérios para os quais  $A_k$  é o preferido em relação a  $A_l$ . Sendo descrito conforme a Equação 20.

$$C_{kl} = \{j, \text{ tal que: } y_{kj} \geq y_{lj}\}, \text{ para } j = 1, 2, 3, \dots, N \quad (20)$$

O subconjunto complementar é chamado de conjunto de discordância e é descrito conforme a Equação 21.

$$D_{kl} = \{j, \text{ tal que: } y_{kj} < y_{lj}\}, \text{ para } j = 1, 2, 3, \dots, N \quad (20)$$

O passo 4 consiste em construir as matrizes de concordância e discordância. O valor relativo dos elementos da matriz de concordância  $C$  é calculado por meio do índice de

concordância. O índice de concordância  $C_{kl}$  é a soma dos pesos associados aos critérios contidos no conjunto. Sendo calculado conforme Equação 21.

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j, \text{ para } j = 1, 2, 3, \dots, N \quad (21)$$

O índice de concordância indica a importância relativa de  $A_k$  alternativa em relação à alternativa  $A_l$ . Já a matriz de discordância  $D$  expressa o grau que uma determinada alternativa  $A_k$  é pior do que uma alternativa  $A_l$  concorrente. Os elementos  $d_{kl}$  da matriz discordância são definidos conforme a Equação 22.

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (22)$$

O passo 5 é determinar matrizes de dominância a partir das matrizes de concordância e discordância. Os elementos da matriz de dominância são obtidos a partir da comparação dos índices de concordância de cada elemento com o valor limiar  $c$  da respectiva matriz. O passo 6 consiste em determinar a matriz de dominância agregada através do produto dos elementos da matriz de dominância de concordância pelo elementos da matriz de dominância de discordância. E, finalmente, o passo 7 consiste em eliminar as alternativas menos favoráveis utilizando a matriz de dominância agregada, obtendo uma ordenação parcial das alternativas.

Diferentes versões do método foram desenvolvidas incluindo o ELECTRE I, II, III, IV e TRI. Todos esses métodos são baseados nos mesmos conceitos fundamentais mais diferentes entre operacionalmente e de acordo com o tipo de problema de decisão. Segundo Salomon (2004) os métodos da família ELECTRE diferem entre si pela quantidade de dados que processam. Especificamente, o ELECTRE I é voltado para a seleção de problemas, o ELECTRE TRI para problemas de atribuição e os ELECTRE II, III e IV para classificação de problemas (ARULDOSS *et al.*, 2013).

O ELECTRE IV é uma versão do ELECTRE I com veto de limiar. Esta ferramenta inserida tornou possível para os analistas e decisores superarem as dificuldades relacionadas com a heterogeneidade das escalas (FIGUEIRA *et al.*, 2005). O método ELECTRE III é particularmente indicado para problemas de hierarquização: definições de prioridades e ordenação das alternativas de ação segundo seu desempenho relativo umas às outras (ZACKIEWICZ, 2005). Já o ELECTRE II é um método para lidar com o problema de ordenação de ações da melhor opção para a pior (FIGUEIRA *et al.*, 2005).

A terceira técnica da escola europeia de MCDM mais recorrente na literatura é o *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*, ou Técnica para Ordenação

de Desempenho por Similaridade à Solução Ideal, desenvolvido por Hwang e Yoon (1981). O método TOPSIS assume que cada critério tem a tendência de permitir que com o aumento ou diminuição da utilidade seja possível definir as soluções ideais, tanto a positiva quanto a negativa (ARULDOSS *et al.*, 2013). A solução ideal positiva é composta de todos os melhores valores atingíveis dos critérios de benefício, visto que a solução ideal negativa consiste em todos os piores valores atingíveis dos critérios de custo (KROHLING e CAMPANHARO, 2009).

De acordo com esta técnica, a melhor alternativa seria aquela que é mais próxima da solução ideal positiva e a mais distante da solução ideal negativa. A distância Euclidiana é a abordagem utilizada para avaliar a proximidade relativa das alternativas em relação à solução ideal (TRANTAPHYLLOU *et al.*, 1998; KROHLING e CAMPANHARO, 2009; ARULDOSS *et al.*, 2013).

Segundo Triantaphyllou *et al.* (1998), o método TOPSIS surgiu como uma alternativa ao método ELECTRE, por isso os passos iniciais de ambos os métodos são similares conforme descrito a seguir:

O passo 1 (construção da matriz de decisão normalizada) e o passo 2 (construção da matriz de decisão normalizada ponderada) da aplicação do TOPSIS é similar aos respectivos passos do ELECTRE original. O passo 3 consiste em determinar a solução ideal  $A^*$  e a solução ideal negativa  $A^-$ , definida conforme as Equações 23 e 24.

$$A^* = \{(max v_{ij} | j \in J), (min v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, 3, \dots, M\} = \{v_{1*}, v_{2*}, v_{3*}, \dots, v_{N*}\} \quad (23)$$

$$A^- = \{(min v_{ij} | j \in J), (max v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, 3, \dots, M\} = \{v_{1-}, v_{2-}, v_{3-}, \dots, v_{N-}\} \quad (24)$$

Onde:

$$J = \{j = 1, 2, 3, \dots, N | j \text{ é associado aos critérios benefícios}\} \quad (25)$$

$$J' = \{j = 1, 2, 3, \dots, N | j \text{ é associado aos critérios custos}\} \quad (26)$$

O passo 4 consiste em aplicar o método euclidiano distância N-dimensional para medir as distâncias de separação de cada alternativa para a solução ideal e a solução negativa ideal. No passo 5 é calculado a proximidade relativa de uma alternativa  $A_i$  em relação à solução, utilizando a Equação 27.

$$C_{i^*} = \frac{S_{i-}}{(S_{i^*} + S_{i-})}, 0 \leq C_{i^*} \leq 1, i = 1, 2, 3, \dots, M \quad (27)$$

Onde  $S_{i^*}$  e  $S_{i-}$  são as distâncias de separação de cada alternativa calculadas no passo 4. O último passo do TOPSIS é classificar as alternativas pela ordem de preferência, portanto, a melhor alternativa é aquela que apresentar a menor distância ( $C_{i^*}$ ) para a solução ideal.

Krohling e Campanharo (2009) destacam que a técnica TOPSIS é frequentemente criticada devido a sua incapacidade para tratar adequadamente incerteza e imprecisão inerentes ao processo de mapeamento da percepção dos tomadores de decisões. No entanto, as técnicas anteriores SAW, AHP, MACBETH, PROMETHÉE e ELECTRE também não possuem bom desempenho em problemas com elevado grau de incerteza, por este motivo todas as ferramentas citadas possuem versões combinadas com a teoria de conjunto fuzzy.

Idealmente, a informação disponível para um problema de decisão deveria ser precisa, correta e inequívoca. Mas em muitas situações do mundo real é necessário o uso de informações que não têm essas características (MUNDA, 2008). O uso da lógica fuzzy é indicado para situações em que há informações incompletas sobre o problema, nestes casos a modelagem fuzzy permite a tomada de decisões com valores estimados (ARULDOSS *et al.*, 2013). Desta forma, o uso da lógica fuzzy permitiu o desenvolvimento de novas técnicas de suporte à decisão mais eficientes no tratamento de incertezas (KROHLING e CAMPANHARO, 2009).

Neste contexto, os métodos AHP-Fuzzy, ANP-Fuzzy, TOPSIS-Fuzzy, ELECTRE fuzzy, entre outras técnicas de MCDM híbridas com a teoria de conjunto fuzzy foram sendo desenvolvidas e testadas, apresentando sensíveis vantagens em relação aos métodos tradicionais. Krohling e Campanharo (2009) esclarecem que os métodos para tomada de decisão multicritério usando a teoria dos conjuntos nebulosos são conhecidos na literatura como “*fuzzy multicriteria decision making*” abreviada por FMCDM.

### 5.5.1 Síntese das principais técnicas de decisão multicritério

Uma análise inicial dos principais métodos de decisão multicritério permite identificar que há significativas diferenças em relação à formulação e construção dos modelos de decisão, à obtenção das informações junto aos decisores, ao mecanismo matemático de síntese de resultados e quanto aos objetivos de cada método. O Quadro 11 sintetiza as características mais importantes dos métodos descritos, visando sustentar a seleção da abordagem mais adequada ao problema central desta pesquisa.

Considerando o critério *objetivo* todos os métodos poderiam ser potencialmente utilizados, pois resultam em um ranking das alternativas ou ações segundo múltiplos critérios. Com relação ao critério *síntese de resultados*, os métodos TOPSIS e MACBETH não são os mais indicados. No caso do TOPSIS a solução ideal, positiva e negativa, para o problema de decisão objeto desta pesquisa não são bem conhecidas. Já o MACBETH exige o conhecimento de padrões e normas com relação ao desempenho dos critérios, no caso das

inovações sustentáveis esse padrão depende da natureza da tecnologia e do contexto ambiental, dificultando o uso da técnica.

Quadro 11 - Síntese dos principais métodos de decisão multicritério.

Método multicritério	Modelo/Formulação	Método de comparação dos critérios	Síntese dos resultados	Objetivo
SAW	Matrizes lineares	Pesos atribuídos pelo tomador de decisão ponderando todos os critérios simultaneamente	Soma do produto entre o peso de cada critério e o desempenho de cada alternativa em determinado critério	Identificar a alternativa que possui o maior valor para a função objetivo
AHP	Hierárquico	Escala paritária de preferência entre critérios e alternativas por critério	Produto da matriz de preferência dos critérios pela matriz de preferência das alternativas	Identificar a alternativa com o melhor desempenho relativo
ANP	Rede	Escala paritária de preferência entre critérios e alternativas por critério	Mesmo método utilizado pelo AHP adicionado dos pesos associados aos laços da rede	Identificar a alternativa com o melhor desempenho relativo
PROMETHÉE	Fluxo	Escala de trade-offs entre os critérios	Função de agregação dos fluxos, depende da versão utilizada	Selecionar ações considerando múltiplos critérios
ELECTRE	Matricial não multinível	Índices de concordância e discordância para analisar as diferentes alternativas	Cálculo da matriz de dominância agregada	Selecionar ações com o máximo de vantagem e o mínimo de conflito
MACBETH	Hierárquico	Escala de atratividade entre alternativas com relação a padrões ou normas	Programação Linear	Selecionar a ação com valor global maior
TOPSIS	Matricial não multinível	Método quantitativo baseado na entropia da matriz de decisão	Cálculo da distância euclidiana da solução ideal positiva e/ou negativa.	Avaliar o desempenho das alternativas através da similaridade com a solução ideal

Fonte: O autor.

Na análise da estrutura conceitual do Cubo da Inovação Sustentável verificou-se duas características principais. A primeira é que o modelo possui múltiplos critérios organizados hierarquicamente em 3 dimensões (objetivo, ciclo de vida e necessidade). A segunda é que o formato de cubo implica na interação e *feedback* entre todos os elementos presentes no modelo. Desta forma, considerando o critério *modelo/formulação* os métodos SAW, ELECTRE, PROMETHÉE e AHP não se adequam ao problema descrito no *framework* escolhido.

Dentre as técnicas principais de MCDM a única capaz de tratar este tipo de problema é o ANP tradicional ou sua versão *fuzzy*. Destaca-se, no entanto, que o ANP exige um maior número de julgamento e possui maior nível de complexidade na sua implementação. Todavia, é capaz de tratar todos os relacionamentos propostos pelo modelo do Cubo da Inovação Sustentável.

## 5.2 Analytic Network Process

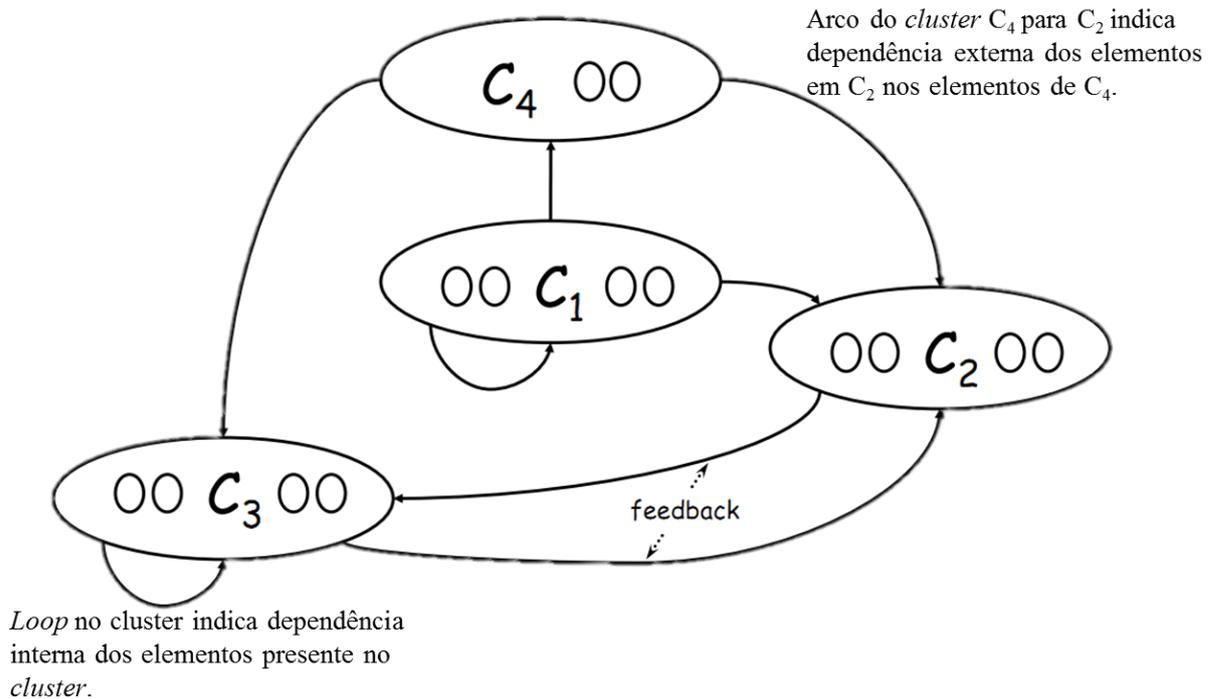
O *Analytic Network Process*, desenvolvido por Saaty em 1996, é um caso especial do método AHP, tendo sido criado para lidar com problemas em que a estrutura hierárquica mostra-se insuficiente como abordagem de solução. Segundo Saaty (2008), este fato acontece porque muitos problemas de decisão envolvem a interação e dependência de elementos de nível superior de uma hierarquia, tais como objetivos e critérios, com elementos de nível inferior (alternativas).

O ANP é a primeira teoria matemática a tornar possível o tratamento sistemático de problemas com diferentes tipos e níveis de dependência e *feedback*. O ANP fornece um *framework* composto por *clusters* (agrupamentos) de elementos conectados de uma forma conveniente para investigar o processo de derivação das escalas de prioridades a partir da distribuição de influência entre os elementos e entre os *clusters* (FORMAN e SELLY, 2001).

Salomon (2004) esclarece que na prática a aplicação do ANP necessita dos julgamentos utilizados na aplicação do AHP e acrescenta outros julgamentos com relação à dependência entre os elementos (alternativas ou critérios) do modelo.

Segundo Saaty (2006), há dois tipos de distribuição de influência: externa e interna. A primeira compara a influência dos elementos de um *cluster* sobre os elementos de outro *cluster* com relação a determinado critério. Na influência interna é comparada a influência de cada elemento de um grupo sobre os demais pertencentes ao mesmo grupo. Conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Estrutura em rede para um problema de decisão.



Fonte: Adaptado de Saaty (2006).

Os passos para aplicação do ANP podem ser sintetizados da seguinte forma (FORMAN e SELLY, 2001; SAATY, 2006; LEE, 2007):

- Passo 1: estruturar o problema, ou seja, determinar o agrupamento lógico dos elementos (*clusters*) do problema a ser modelado;
- Passo 2: identificar os elementos dentro de cada *cluster*;
- Passo 3: identificar os laços de dependências ou *feedback* entre os elementos e vinculá-los, criando ligações entre os elementos do mesmo *cluster*, e posteriormente com elementos de outros *clusters*;
- Passo 4: obter os julgamentos sob a forma de comparações paritárias em relação aos elementos de um mesmo *cluster* e os demais *clusters*;
- Passo 5: obter os julgamentos sob a forma de comparações paritárias da relação entre os *clusters*;
- Passo 6: obter a solução, ou seja, sintetizar a prioridade das alternativas.

Os passos 1, 2 e 3 consistem em obter a rede de decisão similar ao exemplo apresentado na Figura 6. O passo 4 consiste em obter os julgamentos que constituem a Supermatriz  $W$ , onde estão presente os julgamentos paritários do elemento  $e_{ij}$  em relação aos

elementos do mesmo *cluster*  $C_{ij}$  e com relação aos elementos dos outros *clusters*, conforme a Equação 28.

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_N \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{matrix} & \begin{matrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1n_1} & e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2n_2} & \dots & e_{N1} & e_{N2} & \dots & e_{Nn_N} \\ \left[ \begin{array}{cccc} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{array} \right] \end{matrix} \end{matrix} \quad (28)$$

O passo 5 é necessário para obter a matriz de peso formada pelos autovetores da comparação entre os *clusters*. O passo 6 consiste no produto dos grupos de elementos da Supermatriz pelo respectivo grupo na matriz de pesos, resultado assim na Supermatriz ponderada. Salomon (2004) acrescenta que devido a Supermatriz ponderada ser estocástica com relação às colunas, as potências desta matriz convergem para uma matriz, também estocástica, com todas as colunas iguais. Saaty (1996) denominou esta matriz final de “matriz limite”  $W^\infty$ . Segundo Kirytopoulos *et al.* (2011) a razão para elevar a Supermatriz ponderada a  $n$ -ésima potência, até obter valores muito próximos, é porque deseja-se captar a transmissão de influência ao longo de todos os caminhos possíveis da Supermatriz.

O critério de parada para as iterações (sucessiva elevações à potência) é satisfeito quando todos os elementos de  $W^{2k+1}$  são iguais a todos os elementos de  $W^{2k}$  com certa precisão, ou seja, não há mais diferenças significativas a serem obtidas com novas iterações e toda a transmissão de influência já foi concluída (KIRYTOPOULOS *et al.*, 2011). Ao obter a matriz limite é necessário normalizar cada bloco para selecionar a alternativa com a maior prioridade. No Anexo C está descrito um fluxograma para aplicação do ANP proposto por Silva *et al.* (2010).

Kirytopoulos *et al.* (2011) evidenciaram que as principais áreas de aplicação do ANP são: seleção estratégica, avaliação de fornecedores, ambiente e sociedade, desenvolvimento de produto (P&D), avaliação tecnológica, avaliação de localização, decisões de manufatura e avaliação de desempenho.

Aruldoss *et al.* (2013) cita como vantagens do ANP: a independência entre os elementos não é necessária e a previsão do decisor é mais acurada pelos laços de *feedback*. Já

as desvantagens, segundo o autor, são: o elevado tempo consumido, o não suporte a incertezas e o convencimento do decisor.

### **5.3 Analytic Network Process aplicado na avaliação de inovação e sustentabilidade**

Assim como o AHP, o ANP vem sendo usado em diversos estudos acadêmicos para a construção de índices de desempenho ou sistemas de avaliação para diversas áreas, tanto no setor público quanto privado. Em problemas ligados a inovação e/ou sustentabilidade o ANP é utilizado tanto na forma tradicional quanto na sua versão *fuzzy* ou, em alguns casos, associado com outras técnicas de MCDM.

Com relação à inovação, o ANP vem sendo usado principalmente para seleção de alternativas tecnológicas e avaliação de desempenho das atividades de PD&I. Meade e Presley (2002) desenvolveram uma aplicação do ANP para seleção de projetos de PD&I concorrentes no contexto de uma pequena empresa de base tecnológica. Mais recentemente, Habib *et al.* (2009) propuseram uma aplicação semelhante, considerando outros *clusters* e elementos na construção do modelo de decisão. Outra pesquisa voltada para a priorização de alternativas tecnológicas foi desenvolvida por Jiwu *et al.* (2007) com o objetivo de propor a criação de um sistema de avaliação do potencial de industrialização de tecnologias emergentes utilizando os métodos Delphi e ANP.

Há pesquisas com enfoque voltado para os processos de inovações nas organizações, tais como o estudo realizado por Lee, Lee e Park (2009) em que é utilizado o ANP para seleção do modo de aquisição de tecnologias estratégicas, como exemplo, é apresentado um estudo de caso em uma empresa de *software*. Similarmente, Li e Bi (2009) desenvolveram em seus estudos um sistema mais abrangente e objetivo de índices para avaliação da capacidade de inovação tecnológica, baseado no método ANP.

No campo da prospecção tecnológica, Lee *et al.* (2009) e Kim *et al.* (2011) utilizam o ANP para identificação de tecnologias nucleares (principais) utilizando como dados de entrada para os modelos informações de patentes. Já Altuntas e Dereli (2012) utilizaram o ANP-Fuzzy integrado ao método DEMATEL para propor um sistema de índices para avaliação do potencial de comercialização de uma tecnologia visando servir como ferramenta de decisão para investimentos em projetos.

O ANP quando associado ao conceito de sustentabilidade, em geral, é usado como instrumento de avaliação de desempenho para projetos, organizações ou políticas públicas. No entanto, o ANP precisa ser utilizado com uma definição conceitual de sustentabilidade, por

este motivo é utilizado em conjuntos com outros modelos de mensuração do desenvolvimento sustentável.

No contexto da gestão pública, Gómez-Navarro *et al.* (2009) propõe a construção de um índice de pressão ambiental utilizando o método ANP visando a priorização de projetos de planejamento urbano de forma ambientalmente eficiente e confiável. Em abordagem semelhante, Bottero e Ferretti (2010) utilizaram o *framework* DPSIR em associação ao ANP para desenvolver uma avaliação da sustentabilidade das transformações territoriais. O modelo foi aplicado em um estudo de caso real relacionado com a escolha de projetos alternativos para a requalificação de uma área urbana em Turim (Itália). Wolfslehner e Vacik (2011) também utilizam o DPSIR integrado ao ANP para desenvolver uma avaliação utilizando indicadores pan-europeus para a gestão florestal sustentável.

No contexto empresarial, Hsu *et al.* (2011) propuseram uma integração do ANP com o método Balanced ScoreCard (BSC) para medir o desempenho sustentável da indústria de semicondutores em Taiwan. Nesta pesquisa, os resultados apontaram que as cinco medidas mais importantes do desempenho sustentável são: rentabilidade, investimentos em eco-inovações, imagem verde, satisfação do cliente e a consciência da importância da sustentabilidade por parte da alta gerência. Com enfoque mais holístico, Gnoni *et al.* (2011) propõem uma abordagem sistemática para avaliação do desempenho ambiental da cadeia de suprimentos de uma empresa, utilizando o índice gerado pelo método de avaliação do desempenho ambiental (*Environmental Performance Evaluation*) integrado com o método ANP.

Há na literatura poucos casos da aplicação do ANP considerando os conceitos de sustentabilidade e inovação simultaneamente. Köne e Büke (2007), no setor energético na Turquia, e Turan *et al.* (2009), no campo organizacional nos EUA, são exemplos de trabalhos que utilizam o ANP para a seleção de alternativas tecnológicas considerando aspectos de sustentabilidade na construção do modelo de decisão. No contexto da avaliação do potencial tecnológico, Reig *et al.* (2010) utilizaram o ANP para ranquear três tecnologias de cultivo de arroz de acordo com o grau de sustentabilidade das mesmas na cidade de Valência (Espanha), considerando critérios econômicos, ambientais e socioculturais. Seguindo linha teórica similar, Tseng *et al.* (2013) realizaram um estudo que focou no desenvolvimento de uma avaliação quantitativa da eco-inovação sob ambiente de incerteza utilizando ANP-Fuzzy.

## 6. METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção é detalhada a metodologia utilizada para execução desta pesquisa, apresentando aspectos como: classificação da pesquisa, materiais e métodos, universo e amostragem, análise e validação dos resultados.

### 6.1 Classificações da pesquisa

Gil (2002) propõe uma tipologia para classificação de pesquisas científicas com base em dois critérios: objetivos e procedimentos. De acordo com o autor, considerando o critério objetivo, as pesquisas podem ser classificadas como: exploratórias, descritivas e explicativas.

Gil (2008) esclarece que pesquisas exploratórias são realizadas quando o tema escolhido é pouco explorado, tornando difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis sobre ele. Portanto, considerando a classificação de Gil (2002; 2008) e os objetivos propostos neste trabalho, conclui-se que se trata de uma pesquisa exploratória, devido o estudo da avaliação da inovação sustentável ser um tópico com poucas ocorrências na literatura, em especial, quando se trata de métodos para sua mensuração. Na seção 6.2 os procedimentos desta pesquisa serão detalhados.

Oliveira (2011) estende a classificação de Gil (2002; 2008) incluindo novas categorias para classificação de pesquisas, incluindo os critérios: natureza da pesquisa, objeto de estudo e técnicas de análises de dados. Seguindo a classificação do autor, esta pesquisa é classificada quanto à sua natureza (ou abordagem) como quanti-qualitativa, pois apesar do rigor na formulação matemática do método de avaliação, a pesquisa tem seu enfoque principal voltado para a interpretação dos resultados, buscando explicitar suas implicações para os diferentes *stakeholders*.

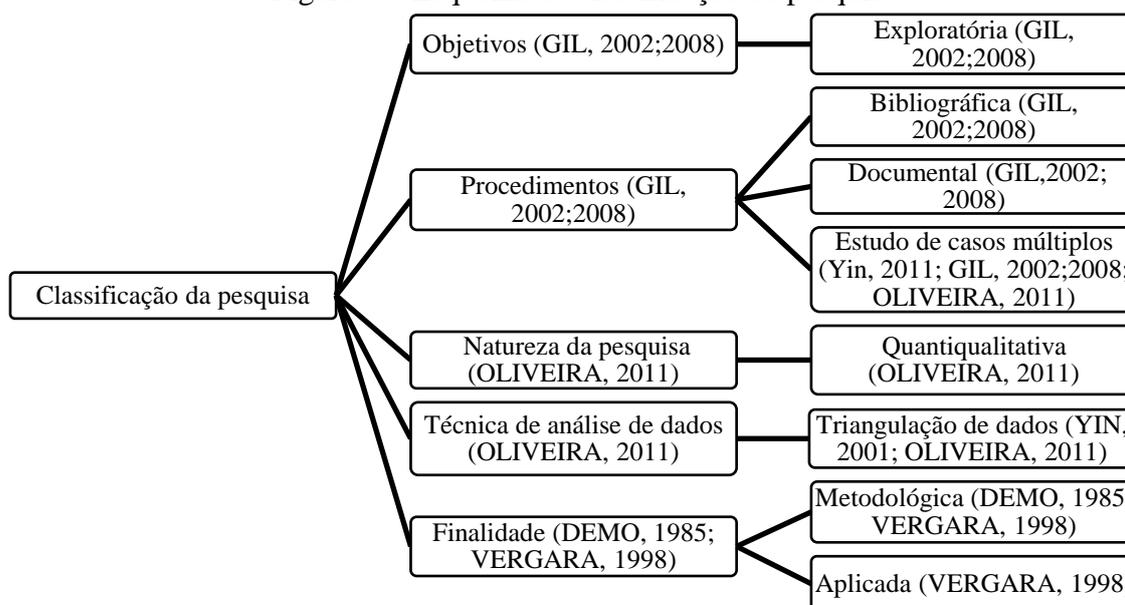
Quanto ao objeto de estudo, segundo Oliveira (2011) esta pesquisa pode ser classificada como estudo de casos múltiplos, de forma similar a classificação feita com base em Gil (2002). E, quanto à técnica de análise de dados, a pesquisa é classificada como de triangulação de dados, pois, segundo Yin (2001) a triangulação fundamenta-se na lógica de se utilizar várias fontes de evidências, sendo necessária em pesquisa do tipo estudo de caso.

Outro sistema de classificação adotado para caracterizar a presente pesquisa é descrito por Demo (2006), onde o autor adota quatro categorias básicas de pesquisa: teórica, metodológica, empírica e prática. Seguindo a descrição do autor para cada categoria, esta pesquisa é claramente classificada como metodológica, uma vez que seu enfoque não é unicamente a explicação de uma realidade ou fenômeno, e sim a construção de um

instrumento de captação de um determinado fenômeno específico sob um aspecto bem delimitado.

No que diz respeito a sua finalidade uma pesquisa pode ser classificada segundo Vergara (1998) em aplicada ou básica (pura). A autora esclarece que a pesquisa aplicada é motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, portanto, tem finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e pelas lacunas teóricas presentes na literatura sobre determinado assunto. Esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, já que a construção teórica visa prioritariamente o uso por parte de empresas interessadas em otimizar seus processos de seleção de alternativas tecnológicas visando criar inovações alinhadas aos conceitos de sustentabilidade. A Figura 9 sintetiza a classificação da pesquisa.

Figura 9 – Esquema de classificação da pesquisa.



Fonte: O autor.

O segundo nível na hierarquia da Figura 9 apresenta os critérios e autores considerados na classificação da presente pesquisa. O terceiro nível apresenta o enquadramento da pesquisa dentro de cada critério. A análise da classificação metodológica deste estudo evidencia seu caráter aplicado com base numa proposta teórica para construção de um método de avaliação para um fenômeno pouco explorado, o que exige múltiplas evidências para comprovação da eficácia do constructo através de aplicações reais.

## 6.2 Materiais e métodos

A presente pesquisa é subdividida em três etapas. A primeira e a segunda visam a construção do índice multicritério de inovação sustentável para avaliação de pesquisas em biotecnologia; Já a terceira etapa é voltada para a aplicação prática do método, na forma de estudo de casos múltiplos.

Na primeira etapa foi realizada pesquisa bibliográfica e documental, concomitantemente, para identificar e analisar os diferentes modelos de índices, indicadores e sistemas de indicadores relacionados ao conceito de inovação sustentável. Segundo Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Nesta pesquisa, buscou-se citar trabalhos considerando os seguintes aspectos: *relevância*, ou seja, trabalhos com maior número de citações nas bases científicas; *temporalidade*, ou seja, buscou-se citar trabalhos clássicos que permitissem traçar uma cronologia da evolução dos conceitos, bem como citar artigos recentes que denotassem o panorama do estado da arte dos tópicos abordados; e *espacialidade*, conceito este utilizado para selecionar trabalhos de diferentes países e regiões, publicados preferencialmente nos idiomas inglês e espanhol.

A pesquisa documental, segundo Gil (2008), é similar à pesquisa bibliográfica, sendo a principal diferença que a segunda utiliza fundamentalmente contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, enquanto que a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou seja, são fontes primárias. Vergara (1998) cita como principais fontes para pesquisas documentais: arquivos públicos (relatórios, anuários, projetos de lei, atas, entre outros); arquivos particulares (programas, ofícios e outras formas de registro); e bases estatísticas. A pesquisa documental realizada foi concentrada no levantamento de relatórios de instituições nacionais e internacionais ligadas aos temas centrais deste trabalho, tendo sido ainda considerado informações principalmente do IBGE, da OCDE e a legislação pertinente.

A revisão de literatura teve dois objetivos principais. O primeiro foi montar o arcabouço teórico para o desenvolvimento desta pesquisa. E o segundo apontar quais critérios e/ou modelos poderiam ser utilizados para a construção de uma metodologia para avaliação do potencial de inovação sustentável de pesquisas em biotecnologia. Tendo sido o Cubo da Inovação Sustentável (HANSEN et al., 2009) o *framework* escolhido.

O próximo passo foi testar a aplicação do ANP e do ANP-*fuzzy* na implementação do Cubo da Inovação Sustentável para verificar a exequibilidade da integração dos métodos. A versão tradicional do ANP foi testada utilizando o *software* Super Decisions® a partir da

inserção de dados de julgamentos convenientes, onde ficou constatado a robustez do método na síntese de um resultado para o modelo conceitual.

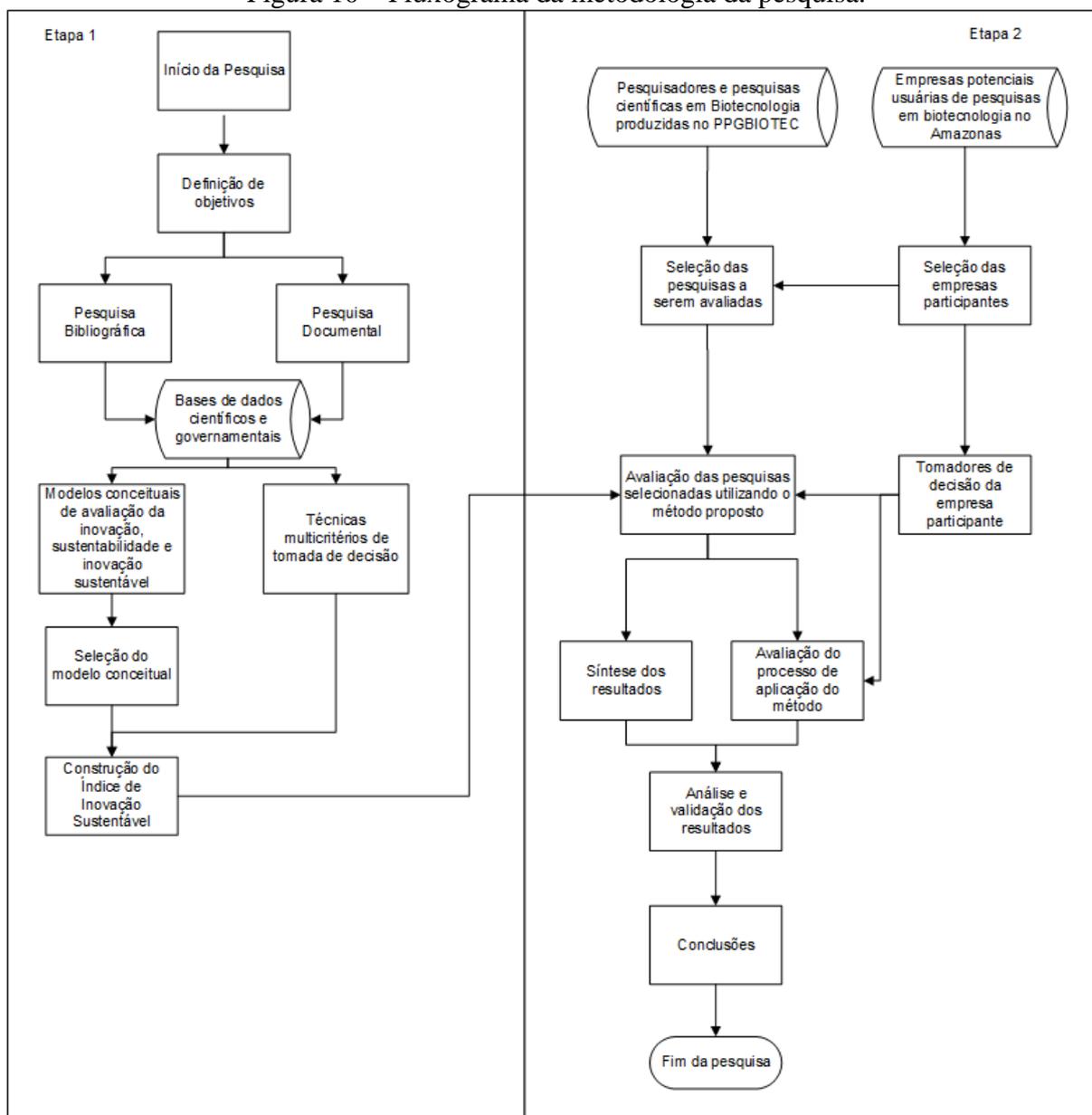
Já a versão ANP-fuzzy foi aplicada utilizando o MS<sup>®</sup> Excel<sup>®</sup>2010 seguindo os passos propostos por Chang (1996). Neste teste ficou evidenciado que a versão *fuzzy*, apesar de ser a mais indicada para o contexto de incerteza – como no caso da avaliação da inovação, possui uma séria limitação oriunda da conversão de números *fuzzy*, utilizados nos julgamentos, para números reais unidimensionais, causada pelo uso do operador matemático MIN, necessário no uso de inferência fuzzy. Desta forma, alguns julgamentos paritários não nulos feitos pelos decisores passam por operações que transformam os valores desses julgamentos em zero. Este problema já foi relatado na literatura em Lima Junior (2013), onde o autor propõe uma série de modificações nos operadores *fuzzy* para corrigir essa limitação do método.

Por estes motivos optou-se em utilizar a versão tradicional do ANP para implementação do modelo conceitual. A aplicação do método ANP segue os passos descritos em Forman e Selly (2001), Saaty (2006) e Lee (2007), organizados conforme o Anexo C. No entanto, para utilizar o ANP como ferramenta para construção de um índice é necessário adotar outras técnicas de pesquisa, pois neste contexto, o ANP faz parte de um sistema maior e mais complexo de avaliação. Conforme demonstrado na Figura 10.

Na terceira etapa foi realizada a aplicação prática do índice proposto, para tal foi necessário identificar dois tipos diferentes de participantes: empresas e pesquisadores. As empresas participantes estão situadas na cidade de Manaus e possuem como característica principal a possível aplicação de pesquisas biotecnológicas no seu processo produtivo ou de PD&I. O segundo tipo de participantes são os pesquisadores vinculados ao PPGBIOTEC sejam como docentes, discentes ou parceiros institucionais. Este pesquisadores forneceram para a presente pesquisa os dados sobre as pesquisas biotecnológicas desenvolvidas pelos mesmos.

A partir da seleção das empresas e pesquisas participantes foi iniciado o processo de aplicação do índice. É necessário destacar que a aplicação do índice SIMI-Biotech foi dividida em duas partes. Na primeira parte são realizados os julgamentos entre os critérios. Já na segunda parte são realizados os julgamentos entre alternativas e critérios e entre *clusters*. Portanto, o primeiro passo em cada estudo de caso é uma entrevista com um responsável da empresa, normalmente o proprietário, no presente estudo chamada de decisor (*decision maker*).

Figura 10 – Fluxograma da metodologia da pesquisa.



Fonte: O autor.

Os julgamentos realizados pelo decisor, com o auxílio do autor da presente pesquisa, na primeira parte da avaliação são armazenados em um questionário construído em uma planilha eletrônica, conforme modelo apresentado no Apêndice A. Este fato se deve devido a dificuldade para o entendimento rápido da escala fundamental de Saaty por parte dos decisores (Anexo A).

A partir do momento que esta etapa é concluída, o próximo passo consiste na apresentação para os decisores da pesquisa biotecnológica a ser avaliada, esta apresentação é realizada pelos pesquisadores que desenvolveram o estudo. É interessante ressaltar a importância deste encontro, uma vez que se trata de um momento raro em que os decisores do

mercado podem ter informações sobre o que a universidade possui de conhecimento com potencial para melhorar seus produtos, e concomitantemente os pesquisadores podem identificar diretamente as demandas do mercado.

Depois do encontro entre pesquisadores e decisores/empresas, é aplicado a segunda parte do questionário de avaliação do SIMI-Biotech. Nesta parte do estudo, os decisores irão avaliar o desempenho da pesquisa nos critérios presentes no modelo SIC, o que permitiu determinar o potencial inovador sustentável de cada pesquisa. Na terceira e última atividade do decisor, este deve responder um questionário de pesquisa no qual registrará sua experiência no uso do método (Apêndice K). O objetivo é obter as vantagens e desvantagens na aplicação da metodologia, para entender os pontos fortes e limitações para futuros trabalhos de melhoramento do índice.

Os julgamentos obtidos foram processados no *software* Super Decisions<sup>®</sup> para obtenção do índice final para cada pesquisa participante. Este *software* foi desenvolvido sob a coordenação do próprio criador do ANP, Thomas L. Saaty em parceria com a Fundação *Creative Decisions* (SAATY, 2004; SALOMON, 2004). Segundo Bi e Li (2009) o Super Decisions<sup>®</sup> é um pacote computacional simples e fácil de usar para a construção de modelos de decisão com dependência e *feedback* utilizando o ANP. O *software* Super Decisions<sup>®</sup> foi usado por Saaty (2008), Bi e Li (2009), Neira *et al.* (2009), Hernández (2010), entre outras pesquisas.

### **6.3 Universo, amostra e coleta de dados**

De forma simples, Moresi (2003) esclarece que universo ou população da pesquisa é a totalidade de indivíduos que possuem em comum pelo menos uma característica de interesse para um determinado estudo. Amostra é formada por uma parte do universo, selecionada de acordo com uma regra ou plano.

O universo deste estudo foi composto pelo total de pesquisas concluídas ou em andamento com participação de pesquisadores vinculados ao Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas até o ano de 2016. Cabe ressaltar, que as pesquisas que fazem parte do universo são aquelas com potencial de tornarem-se inovações em produtos, conforme já destacado.

Considerando a grande variabilidade de temas abordados nas diferentes linhas do PPGBIOTEC e o perfil e os objetivos de cada empresa participante foi utilizado uma amostragem do tipo não-probabilística intencional para seleção das pesquisas científicas para o estudo de casos múltiplos. Estas pesquisas foram escolhidas tendo como principal critério o

interesse estratégico da empresa participante nos potenciais produtos ou processos oriundos dessas pesquisas.

Para seleção da empresa participante foi utilizada amostragem por acessibilidade. Gil (2008) descreve que a amostragem por acessibilidade se dá quando o pesquisador seleciona os elementos do universo a que tem acesso, admitindo que estes possam representar o universo. O autor esclarece que este tipo de amostragem aplica-se em estudos exploratórios, caso da presente pesquisa. Os principais critérios para seleção das empresas foram: atuar em segmentos que utilizem a biodiversidade amazônica ou possuir interesse em investir em atividades ligadas a biotecnologia; acessibilidade física para realização de entrevistas; e, conhecimento notório sobre o mercado e ramo de atuação.

Cabe destacar que Yin (2001) argumenta que o estudo de caso não representa uma técnica de *amostragem*, sendo o objetivo do pesquisador uma expansão e generalização das teorias (generalização analítica) invés da enumeração de frequências (generalização estatística). Ou seja, o estudo de caso serve para comprovação da tese posta à prova e não necessariamente para comprovação das características da população da pesquisa.

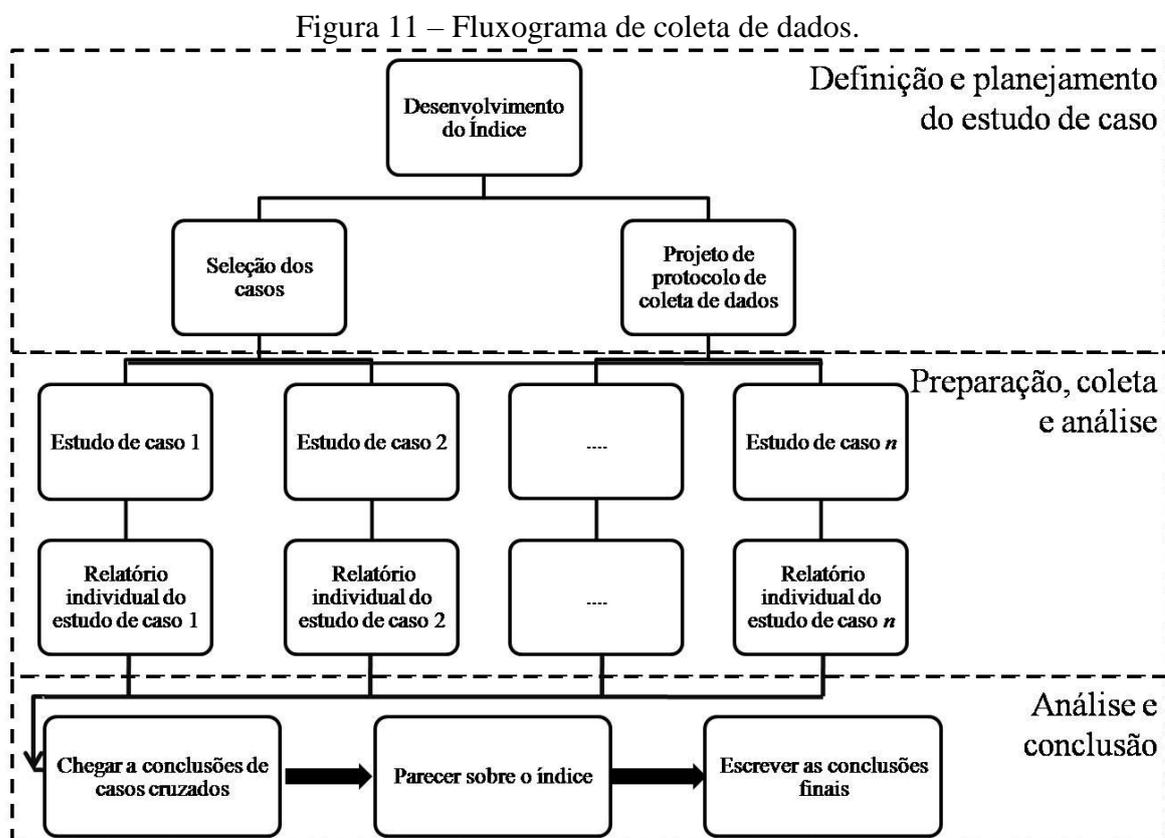
Na segunda etapa a principal técnica para coleta de dados é o estudo de casos múltiplos, que segundo Yin (2001) é a replicação de vários estudos de casos únicos para sustentar a mesma teoria. O autor trata o estudo de caso único e casos múltiplos como a mesma estrutura metodológica, sem nenhuma distinção mais ampla. O autor salienta que projetos de casos múltiplos possuem vantagens em comparação aos projetos de caso único, tais como, os resultados serem considerados mais convincentes e, conseqüentemente, o estudo global ser visto como mais robusto.

No caso da presente pesquisa, o uso de um único estudo de caso pode criar um viés positivo ou negativo para análise da viabilidade da metodologia, uma vez que não é possível predeterminar as dificuldades ou facilidades a serem experimentadas pelos decisores já que trata-se da primeira aplicação real. O uso de dois casos diminui sensivelmente a possibilidade de viés que podem surgir no caso único, ainda sim, considerando a variabilidade que apresentam as pesquisas, é adequado um número maior de replicações. Todavia, 5 ou mais estudos de casos torna a pesquisa operacionalmente inviável pelo volume de informação a ser tratado e pelo tempo consumido nessa atividade. Desta forma, o tamanho da amostra considerado factível neste estudo foi de 3 a 4 pesquisas. Tendo sido 3 o número de estudos de casos adotado.

Yin (2001) reforça essa percepção ao sugerir duas ou três replicações literais quando as teorias vigentes forem completamente diferentes da teoria proposta e o resultado do experimento exigir um grau elevado de certeza.

Após a construção do índice, a identificação das empresas participantes e a seleção das pesquisas que compuseram a amostra, o próximo passo consistiu em planejar e aplicar os instrumentos de coleta de dados. Gerhardt *et al.* (2009) definem a coleta de dados como a etapa da pesquisa voltada para a busca por informações para a elucidação do fenômeno ou fato que o pesquisador quer desvendar. Os instrumentos técnicos elaborados para registro e a medição dos dados deverá preencher os seguintes requisitos: validade, confiabilidade e precisão.

Nesta pesquisa optou-se pelo planejamento da coleta de dados seguindo a proposta de Yin (2001) por ter sido desenhada para estudo de casos múltiplos, conforme apresentado na Figura 11. Ressalta-se que as atividades apresentadas na Figura 11 estão inseridas nos processos “Avaliação das pesquisas selecionadas usando o método proposto” e “Síntese de resultados” contidos na Figura 10.



Fonte: Adaptado de Yin (2001).

Posteriormente à seleção das empresas e pesquisas científicas utilizadas nos estudos de casos, foi realizada a aplicação do índice mediante o protocolo de estudo de caso. Segundo Yin (2001), neste protocolo contém os procedimentos e as regras gerais que devem ser seguidas ao utilizar o instrumento. O autor acrescenta que é essencial o uso de protocolo de estudo de caso em pesquisas de casos múltiplos.

Na presente pesquisa o protocolo consistiu em uma breve apresentação sobre os seguintes temas: objetivos da pesquisa; objetivo da entrevista; dinâmica da entrevista para preenchimento do questionário; e, o modo de avaliação utilizando a escala fundamental de Saaty. Ao fim dos estudos de casos, foram produzidos relatórios que foram entregues tanto as empresas quanto aos pesquisadores.

#### **6.4 Análise e validação dos resultados**

O índice final foi obtido com o uso do *software* Super Decisions<sup>®</sup> a partir dos julgamentos dos tomadores de decisão. Os julgamentos dos tomadores de decisão foram gravados e analisados com a técnica de análise de conteúdo. Segundo Marconi e Lakatos (2003), a análise de conteúdo permite a descrição sistemática, objetiva e quantitativa do conteúdo da comunicação.

A etapa de validação dos resultados consistiu da aplicação da técnica de triangulação de dados proposta por Yin (2001) para as pesquisas que se valem de estudo de caso. Como estratégia para validação de resultados foram utilizadas três fontes de informação:

- Análise comparativa com os critérios desejáveis para indicadores e índices citados na revisão de literatura;
- As respostas obtidas nos questionários preenchidos pelos tomadores de decisão, ao final da etapa de julgamentos, a cerca da validade do método;
- A análise comparativa dos resultados obtidos nos estudos de casos, considerando as justificativas apresentadas para os julgamentos;

## 7. ÍNDICE MULTICRITÉRIO DE INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL: SIMI-BIOTECH

Sendo a pesquisa científica a fonte básica de conhecimentos para o desenvolvimento de produtos e serviços biotecnológicos, conforme apontado por Judice e Baêta (2005), torna-se estratégico para as empresas o monitoramento permanente das descobertas científicas biotecnológicas, visando o desenvolvimento de inovações em processos e produtos existentes, bem como a criação de novos produtos (DA SILVEIRA *et al.*, 2002).

Contudo, esta tarefa não é simples devido às inúmeras variáveis que afetam o processo de inovação. Ipiranga e Almeida (2012) lembram que apenas um bom resultado de pesquisa não é suficiente para iniciar o processo de desenvolvimento tecnológico, é preciso demonstrar a viabilidade de transformar a pesquisa em inovação.

A dificuldade de comprovar o potencial inovador de uma pesquisa é ainda maior em áreas como a biotecnologia, onde a inovação é o fator determinante para competitividade das empresas. Este fato acontece devido à instabilidade nas participações de mercado das indústrias, gerada pela rápida evolução tecnológica experimentada por este tipo de setor (DA SILVEIRA *et al.*, 2002).

No contexto organizacional, Stefanovitz e Nagano (2009) citam como um dos principais obstáculos da gestão da inovação a ausência de metodologias estruturadas para avaliação e seleção de ideias com uma visão compartilhada de futuro. No caso do setor de biotecnologia essa lacuna prejudica todo o processo de inovação. Aragão *et al.* (2012) argumentam que devido boa parte das informações relevantes na área da biotecnologia ser proveniente da ciência básica, é fundamental que as empresas sejam capazes de avaliar as informações provenientes de potenciais parceiros (ICTIs).

O desenvolvimento de inovações modernas, associadas ao conceito de sustentabilidade, possui um fator complicador adicional relacionado à dificuldade de entendimento do conceito de inovação sustentável, em especial, no ambiente empresarial. Huppés *et al.* (2008) destacam que um dos desafios da criação de eco-inovações é determinar como a inovação contribui para sustentabilidade.

Neste contexto, o Índice Multicritério de Inovação Sustentável para avaliação de pesquisas em biotecnologia (*Sustainable Innovation Multicriteria Index for Assessment of Biotechnology Research – SIMI-Biotech*) surge com o objetivo de avaliar o grau de inovação de uma pesquisa considerando fatores ambientais e sociais, além dos tradicionais aspectos mercadológicos e tecnológicos.

A proposta central do SIMI-Biotech está alinhada a recomendação feita pela OCDE em (2001) para o desenvolvimento do setor de biotecnologia em nível global, onde é citada que uma gestão tecnológica eficaz por parte das empresas de biotecnologia requer o uso de ferramentas que avaliam tanto o desempenho econômico quanto o ambiental de determinada inovação. De forma complementar, Trigueiro (2002 *apud* CUNHA e MELO, 2006) destaca que na avaliação de determinada tecnologia, junto com o risco econômico, deve ser associado um risco social relacionado aos eventuais impactos provenientes da reação da sociedade diante dos produtos lançados. Barbieri (2007) resume de forma simples essa nova realidade: para inovar é preciso observar o todo e adotar vários critérios.

### 7.1 Construção do modelo conceitual do índice

Seguindo os passos propostos para aplicação do ANP (FORMAN e SELLY, 2001; SAATY, 2006; LEE, 2007), o índice proposto neste trabalho possui como *clusters* as dimensões apresentadas no Cubo da Inovação Sustentável.

O primeiro *cluster* é denominado de Objetivo. No *framework* proposto por Hansen *et al.* (2009), esta dimensão analisa os efeitos das inovações em relação aos impactos gerados nos objetivos da sustentabilidade. Desta forma se faz necessário uma operacionalização suficiente do conceito de sustentabilidade. Os autores optaram pelo conceito de sustentabilidade adotada na abordagem *Triple bottom line*, pois é o mais disseminado e aceito entre os executivos de negócios.

O segundo *cluster* é o Ciclo de Vida. Este *cluster* possui a finalidade de avaliar os efeitos das inovações no *cluster* Objetivo ao longo do tempo e espaço, acompanhando os processos e operações ao longo da cadeia de suprimentos de um produto, aumentando o foco de análise para além dos processos organizacionais internos.

O terceiro *cluster* é denominado Necessidade. A finalidade deste *cluster* é avaliar como o impacto de uma inovação afeta os padrões de consumo e como estes padrões afetam o potencial sustentável das inovações. Partindo do pressuposto que as estruturas de consumo e os estilos de vida contemporâneos são considerados questões-chave para o debate sobre sustentabilidade (HANSEN *et al.*, 2009).

No entanto, na construção do índice é necessário inserir um quarto *cluster* no problema de decisão, intitulado Alternativas. A finalidade deste *cluster* é receber as pesquisas a serem avaliadas. Na construção do índice serão considerados alguns postulados para tornar exequível a implementação prática da metodologia proposto. O primeiro postulado consiste em:

*Postulado 1: O cluster Alternativas receberá duas pesquisas por avaliação.*

Esta condição é necessária, pois o número de julgamentos necessários para realizar a avaliação de mais de duas pesquisas biotecnológicas simultaneamente é muito elevado utilizando o método ANP. Tornando inexecutável para o tomador de decisão. Desta forma, faz-se necessário o segundo postulado.

*Postulado 2: A alternativa A é a pesquisa em desenvolvimento que se deseja avaliar o potencial de inovação sustentável. A alternativa B é o produto ou tecnologia utilizada como referência para determinado critério.*

Considerando que, hipoteticamente, o método ANP seja adotado como técnica para seleção de duas pesquisas novas, visando identificar quais destas possui maior potencial inovador sustentável, a resposta obtida, provavelmente, não apresentaria erros metodológicos, pois o objetivo do ANP é, apenas, realizar o ranqueamento relativo das alternativas. No entanto, caso ambas as pesquisas não tenham grande valor inovador, ainda sim, o método apontará uma pesquisa com valor relativo alto em relação à segunda alternativa. Podendo levar o tomador de decisão a acreditar que uma alternativa de fato tem elevado potencial.

A solução para esse problema é adotar como alternativa B no *cluster Alternativas*, um produto ou tecnologia que sirva de desempenho de referência para cada critério. A seleção desse desempenho de referência deverá ser feita considerando o critério semelhança entre a pesquisa que está sendo avaliada e um produto ou tecnologia reconhecidamente de bom desempenho no critério em julgamento. A seleção do produto ou tecnologia de referência deverá ser feita pelo tomador de decisão, considerando que este é o ator no processo de inovação mais capaz de analisar o desempenho de uma tecnologia no mercado.

As mudanças tecnológicas podem fazer com que o produto ou tecnologia de *benchmarking* seja alterado. Desta forma, uma pesquisa pode ter seu índice de inovação sustentável modificado para mais ou, possivelmente, para menos à medida que novas avaliações são realizadas em diferentes momentos. Esta característica é desejada já que o processo de inovação é dinâmico e depende do ambiente tecnológico ao redor.

O passo seguinte na implementação do ANP é identificar os elementos dentro de cada *cluster*. Os elementos do *cluster* Objetivos são efeitos econômicos, efeitos ambientais e efeitos sociais. Estes efeitos são medidos em função da mudança que as inovações trazem no capital econômico, ecológico e social da empresa.

O capital econômico pode ser medido com base no acúmulo de ativos tangíveis, crescimento de capital, valorização da marca e outras medidas de desempenho financeiro. O capital ecológico da empresa é descrito como o nível de consumo de recursos renováveis e

não-renováveis e as influências sobre o ecossistema. E o capital social é o capital que se refere à qualidade das relações com *stakeholders* dentro e fora da empresa. Portanto, a avaliação dos efeitos das inovações sobre o capital social exige a identificação e captação da percepção dos *stakeholders* mais importantes sobre o produto.

Os elementos do *cluster* Ciclo de vida são as principais etapas da cadeia de suprimentos de um produto, a saber: produção e logística, consumo e descarte. O elemento produção e logística refere-se à visão tradicional cujo enfoque na avaliação da sustentabilidade, sob a ótica da organização, é focada exclusivamente nos processos de produção e transporte de responsabilidade da empresa, com enfoque em questões como segurança no trabalho, saúde ocupacional e aspectos ambientais. O elemento consumo refere-se à mensuração dos efeitos gerados pelas inovações sobre o comportamento do cliente e sobre seu padrão de consumo. Já o elemento descarte está associado às formas como o produto afeta os objetivos da sustentabilidade na fase final da sua vida útil. Este elemento cobre atividades como reutilização, reciclagem e eliminação.

Os elementos do *cluster* Necessidade são cultura, sistema de uso e tecnologia. Hansen *et al.* (2009) adotam o modelo de Paech (2005) para explicar a influência da inovação sobre o atendimento das necessidades dos clientes. O elemento tecnologia mede como as inovações satisfazem as necessidades através de produtos físicos, ou seja, mensura a importância da tecnologia para os potenciais consumidores. O elemento sistema de uso descreve como as inovações se ajustam às rotinas de consumo. Este elemento procura verificar se a usabilidade<sup>16</sup> do produto está adequada para o atendimento das necessidades dos consumidores. O elemento cultural busca entender se as inovações podem criar novas necessidades ou alterar o padrão de necessidades atuais, apontando o grau de aceitação ou rejeição de determinada tecnologia.

O terceiro passo da aplicação do ANP consiste em identificar os laços de dependências ou *feedback* entre os elementos e vinculá-los. Neste caso o modelo Cubo da Inovação sustentável impõe laços de dependência entre os *clusters* Objetivo, Ciclo de vida e Necessidade. O *cluster* Alternativas, adicionado na construção do índice proposto nesta pesquisa, possui laço de *feedback* com todos os demais *clusters*. Este fato acontece porque os elementos presentes nos *clusters* iniciais são os critérios que mensuram o potencial de inovação sustentável da pesquisa na Alternativa A em relação ao produto ou tecnologia de referência no mercado para o critério em julgamento.

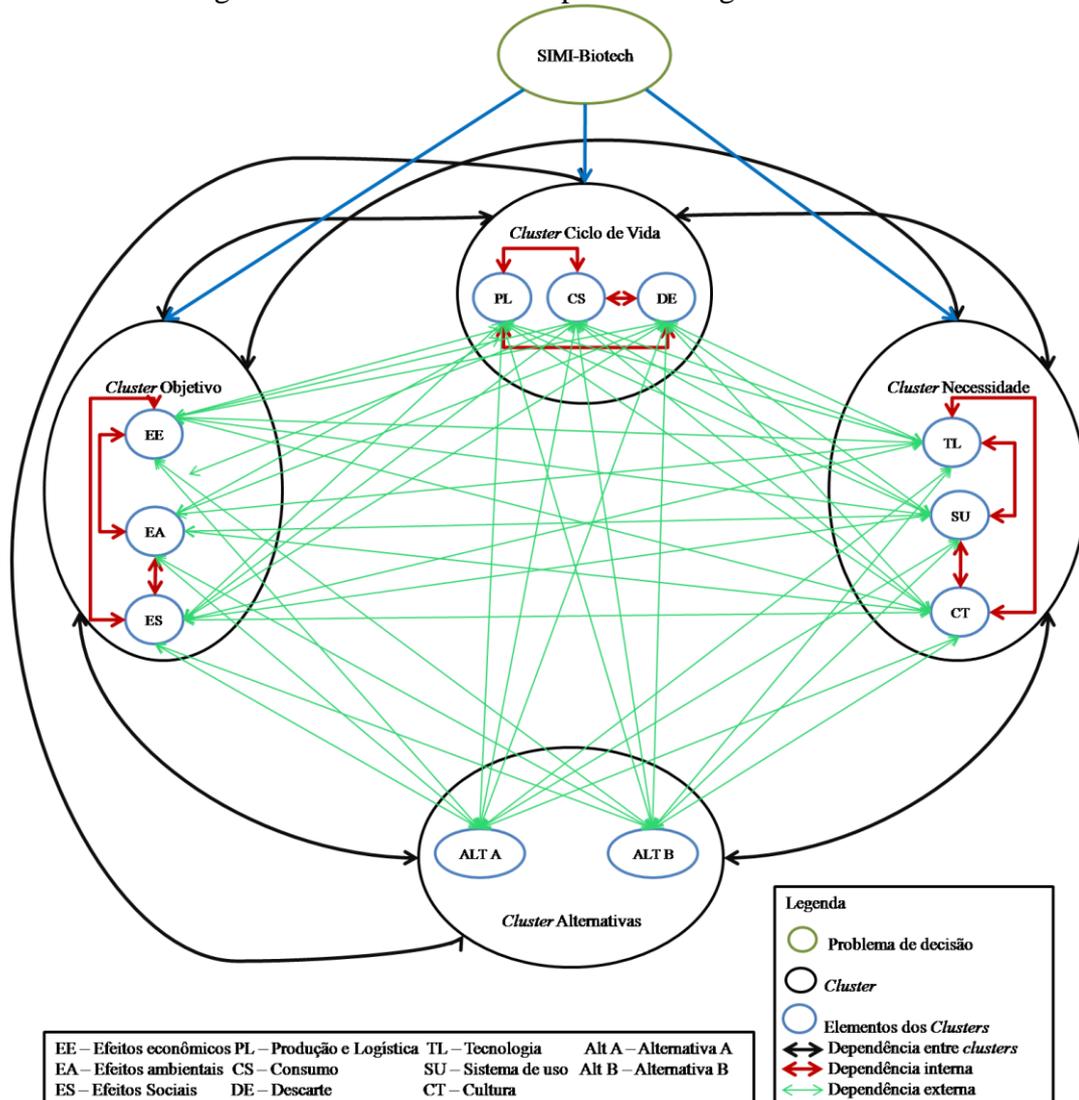
---

<sup>16</sup> A usabilidade é a característica que determina se o uso e manuseio de um produto são fáceis e rapidamente aprendidos, dificilmente esquecidos, não provocam erros operacionais, oferecem alto grau de satisfação para seus usuários e resolvem de forma eficaz e eficiente às tarefas para as quais foram projetados (NIELSEN, 1999).

No entanto, as características da pesquisa em avaliação, tais como setor produtivo a ser aplicado, abrangência da inovação (local, nacional, global), exigências legais, necessidade de investimentos, entre outros fatores, afetam a importância relativa de cada critério para o desempenho inovador global, evidenciando a influência das alternativas sobre os critérios. Um exemplo prático seria a introdução de uma inovação no mercado no qual seu processo produtivo exija a manipulação de matérias-primas com alta taxa de geração de resíduos. Neste caso, é normal que os elementos “Efeitos Ambientais”, no *cluster* Objetivo, e “Produção e Logística”, no *cluster* Ciclo de vida, tenham sua importância majorada na avaliação da sustentabilidade da inovação.

A Figura 12 ilustra a rede de decisão na implementação do SIMI-Biotech considerando os laços de dependência e *feedback*.

Figura 12 – Rede de decisão para modelagem do índice.



Fonte: O autor.

No *framework* original do Cubo da Inovação Sustentável, Hansen *et al.* (2009) evidenciam 27 combinações (laços de *feedback*) entre os elementos presentes no modelo. Na construção do índice o número de conexões é bem maior por dois motivos. O primeiro pela inserção de um novo *cluster* (Alternativas) com dois novos elementos. E o segundo, porque foi considerada relevante a dependência interna em cada *cluster*.

Desta forma o número total de laços de dependência na rede é de 108. No entanto, como todos são recíprocos pode-se afirmar que são, na verdade, 54 laços de *feedback* entre os elementos dos *clusters*. A matriz de alcance local para a rede de decisão é evidenciada no Quadro 12.

Quadro 12 – Matriz de alcance local para modelagem do índice.

	Elementos por cluster	Cluster Objetivo			Cluster Ciclo de vida			Cluster Necessidade			Cluster Alternativa	
		Efeitos econômicos	Efeitos ambientais	Efeitos sociais	Cultura	Sistema de uso	Tecnologia	Produção e logística	Consumo	Descarte	Alternativa A	Alternativa B
Cluster Objetivo	Efeitos econômicos	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Efeitos ambientais	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Efeitos sociais	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Cluster Ciclo de vida	Cultura	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	Sistema de uso	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	Tecnologia	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Cluster Necessidade	Produção e logística	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Consumo	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	Descarte	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Cluster Alternativa	Alternativa A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	Alternativa B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Número de dependências por critério		10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
Total de elos de dependências da rede		108										

Fonte: O autor.

Ao analisar o Quadro 12 podemos perceber que há três tipos de dependências na rede de decisão: critérios x critérios; critérios x alternativas; alternativas x critérios. Não havendo,

portanto, dependência entre as alternativas, uma vez que apenas uma pesquisa está sob avaliação, enquanto que a segunda alternativa consiste em dados de referência de desempenho.

O quarto passo na aplicação do ANP consiste em obter os julgamentos sob a forma de comparações paritárias de cada elemento com relação aos outros elementos do mesmo *cluster* e em relação aos elementos dos demais *clusters*. Para cada tipo de dependência há um postulado que descreve a lógica do julgamento por parte dos decisores na realização das comparações paritárias.

*Postulado 3: Nos julgamentos entre critérios x critérios, do mesmo cluster ou de clusters diferentes, os decisores deverão sinalizar a importância relativa entre um par de critérios para o desempenho do critério em julgamento.*

O Postulado 3 pode ser exemplificado nos Quadros 13.a e 13.b, onde são apresentados os julgamentos paritários necessários para o critério Efeitos Econômicos com relação aos critérios do mesmo *cluster* e em relação aos critérios do *cluster* Ciclo de vida.

Quadro 13 - Julgamentos necessários para critérios x critérios: (a) no mesmo cluster. (b) em relação aos critérios do cluster Ciclo de vida.

Qual a relação de importância entre os critérios abaixo para o desempenho das alternativas no critério "EFEITOS ECONÔMICOS"?																		
Efeitos Ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos Sociais

(a)

Qual a relação de importância entre os critérios abaixo para o desempenho das alternativas no critério "EFEITOS ECONÔMICOS"?																		
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística

(b)

Fonte: O autor.

Os Quadros 13.a e 13.b evidenciam que no caso de julgamento dentro do mesmo *cluster* cada critério deverá ter seu grau de dependência ponderado pela importância entre os dois critérios restantes. Portanto, caso o decisor assinale no Quadro 13.a o valor 5 mais próximo do critério Efeitos Ambientais, isto significará que para o decisor os impactos ambientais, positivos ou negativos, possuem "Forte importância" (Anexo A) sobre os impactos sociais quando comparado os impactos econômicos destes critérios. Simplificando,

os impactos econômicos dependem *fortemente* mais dos impactos ambientais do que dos impactos sociais.

Quando a avaliação for com critérios de outros *clusters* os julgamentos serão entre pares de critérios até que seja satisfeita todas as combinações. Destaca-se que qualquer escolha do decisor na escala de preferência gera um número recíproco para o outro critério em julgamento. Em todos os julgamentos é considerada a necessidade de  $CR \leq 10\%$ .

Os julgamentos entre critérios x alternativas seguirão a lógica descrita no Postulado 4 e no exemplo do Quadro 14.

*Postulado 4: Nos julgamentos entre critérios x alternativas, os decisores deverão assinalar quanto o potencial da pesquisa em avaliação (Alternativa A) se aproxima do desempenho do produto/tecnologia referência no mercado (Alternativa B) no critério em julgamento.*

Quadro 14 - Exemplo de julgamentos entre critérios x alternativas.

Considerando o critério "EFEITOS ECONÔMICOS", qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?										
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B

Fonte: O autor.

O decisor ao responder o questionamento presente no Quadro 14 deverá sinalizar o quanto acredita que a pesquisa em avaliação pode aproximar-se do desempenho referência em cada critério. Neste julgamento a avaliação da pesquisa varia entre 1 (desempenho igual ou superior em relação a referência) e 9 (desempenho não significativo em relação a referência). O valor zero significa desconhecimento do potencial da inovação ou ausência de referência.

A lógica nos julgamentos entre alternativas x critérios está contida no Postulado 5 e exemplificada no Quadro 15.

*Postulado 5: Nos julgamentos entre alternativas x critérios, os decisores deverão assinalar qual a importância relativa entre um par de critérios para o desempenho da pesquisa em avaliação.*

Quadro 15 – Exemplo de julgamentos entre alternativas x critérios.

Qual a relação de importância entre os critérios abaixo para o desempenho da pesquisa em avaliação?																		
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística

Fonte: O autor.

Conforme já comentado, o tipo e a natureza da pesquisa em avaliação podem exigir um peso maior para determinado critério. O Quadro 15 demonstra que esses julgamentos são feitos considerando todos os elementos dos *clusters* em comparações par a par.

O quinto passo na construção do ANP é a obtenção dos julgamentos sob a forma de comparações paritárias da relação entre os *clusters*, seguindo a lógica descrita no Postulado 6. Os laços de dependência da rede de decisão entre os *clusters* são evidenciados na matriz de alcance global no Quadro 16.

Quadro 16 – Matriz de alcance global para modelagem do índice.

	<i>Cluster</i> Objetivo	<i>Cluster</i> Ciclo de Vida	<i>Cluster</i> Necessidade	<i>Cluster</i> Alternativa
<i>Cluster</i> Objetivo	1	1	1	1
<i>Cluster</i> Ciclo de Vida	1	1	1	1
<i>Cluster</i> Necessidade	1	1	1	1
<i>Cluster</i> Alternativa	1	1	1	0

Fonte: O autor.

*Postulado 6: Nos julgamentos entre clusters x clusters, os decisores deverão assinalar qual a importância da influência dos demais clusters em relação ao desempenho do cluster em julgamento.*

Quadro 17 – Exemplo de julgamentos entre *clusters* x *clusters*.

Qual a relação de importância entre os <i>clusters</i> abaixo para o desempenho do <i>cluster</i> Objetivo?																		
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Cluster</i> Ciclo de Vida
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Cluster</i> Necessidade
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Cluster</i> Objetivo
<i>Cluster</i> Ciclo de Vida	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Cluster</i> Necessidade
<i>Cluster</i> Ciclo de Vida	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Cluster</i> Objetivo
<i>Cluster</i> Necessidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<i>Cluster</i> Objetivo

Fonte: O autor.

No exemplo do Quadro 17 o decisor deverá ponderar nos dois primeiros julgamentos se os objetivos da sustentabilidade são mais influenciados pelo ciclo de vida do produto/necessidade ou pelo desempenho da inovação nas dimensões da sustentabilidade. No terceiro julgamento o decisor deverá ponderar entre o desempenho da inovação e a importância entre os elementos do *cluster* objetivo. No quarto julgamento o decisor deverá ponderar a importância entre os *clusters* Ciclo de vida e Necessidade para alcançar os objetivos da sustentabilidade. No quinto e sexto julgamentos o decisor deverá ponderar o

quanto os *clusters* Ciclo de Vida e Necessidade, respectivamente, são importantes em comparação aos elementos do *cluster* Objetivo para o atingimento dos objetivos da sustentabilidade.

## **8. ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS: APLICAÇÃO DO ÍNDICE SIMI-BIOTECH**

Nesta seção serão apresentadas as aplicações do índice SIMI-Biotech em três estudos de casos de avaliação de pesquisas biotecnológicas. O índice será utilizado por três empresas de pequeno porte dos segmentos de alimentos, energia e cosméticos, com os objetivos de (i) testar o índice desenvolvido neste trabalho e (ii) contribuir para a decisão de aplicar recursos para levar tais pesquisas para o mercado ou não.

### **8.1 Estudo de caso 1: Complevida Produtos Naturais da Amazônia Ltda.**

A empresa deste estudo de caso fabrica produtos naturais para alimentação humana, visando promover melhor qualidade de vida dos seus clientes através de uma dieta mais rica e equilibrada. É interessante para o negócio o uso de técnicas biotecnológicas para aprimoramento das propriedades funcionais dos alimentos, bem como o uso de matérias-primas amazônicas, como frutos e sementes, com a finalidade de reduzir custos e aumentar a aceitação dos produtos.

O índice SIMI-Biotech pode permitir que os responsáveis pela empresa selecionem a melhor opção entre as pesquisas científicas realizadas na UFAM relacionadas com seu segmento de atuação. Tais pesquisas podem contribuir de duas formas: a primeira é o desenvolvimento de novos produtos com propriedades ou matérias-primas diferentes das presentes nos produtos atuais, já a segunda possibilidade é a melhoria dos produtos existentes tanto adicionando funcionalidades quanto melhorando aspectos sensoriais.

#### *8.1.1 Setor de atuação*

A Complevida fabrica e comercializa produtos alimentícios com propriedades terapêuticas, denominados alimentos funcionais. A empresa nos seus processos produtivos não utiliza conservantes e estabilizantes, sendo as principais matérias-primas sementes que são processadas mecanicamente para a fabricação dos complementos alimentares. Este tipo de fabricação visa manter as propriedades nutricionais e funcionais dos diversos insumos utilizados.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define alimentos funcionais como alimento ou ingrediente que alega propriedades funcionais ou de saúde que pode, além de funções nutricionais básicas, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999). Amorim e Grisotti (2010) destacam que os alimentos funcionais no Brasil estão

sujeitos à regulamentação e fiscalização realizada pela ANVISA, que desde 1999 publica resoluções e informes técnicos que regularizam a produção, embalagem e comercialização dos alimentos funcionais.

O mercado de alimentos funcionais surgiu na década de 1980 com o lançamento de produtos nas versões *diet* e *light* visando atender um perfil de cliente com restrição de consumo de gorduras e açúcares. Nos últimos anos, a demanda por alimentos com funções terapêuticas cresceu significativamente em relação aos produtos convencionais. Neste contexto, Raud (2008) considera que os alimentos funcionais são a nova fronteira do mercado de alimentos.

O crescimento do mercado mundial de alimentos funcionais reflete a tendência de consumo de alimentos inovadores que promovam benefícios à saúde e um estilo de vida mais saudável. Os maiores mercados de alimentos funcionais são os Estados Unidos, Europa e Japão, concentrando mais de 90,0% do total de vendas de alimentos funcionais no mundo (MENEGARIO, 2014).

O mercado de alimentos funcionais na América Latina movimentou em 2013 US\$ 45 bilhões, sendo o Brasil responsável por movimentar US\$ 14,6 bilhões deste total, e ainda com tendência de crescimento. Este desempenho coloca o país entre os 10 mercados que mais crescem no mundo (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014). Todavia, o estudo BrasilFoodTrends2020 apontou que 70% dos consumidores não conhece ou conhece apenas superficialmente os alimentos funcionais (FIESP, 2010). Devido essas características, Pozzo (2014) classifica o mercado de alimentos funcionais no Brasil como emergente.

No estado do Amazonas há pouca informação sobre o desempenho do mercado de alimentos funcionais ou produtos naturais. Em 2016, a Federação do Estado do Amazonas divulgou o estudo setorial “Alimentos e Bebidas no Amazonas”, no qual destaca que os setores foram responsáveis por apenas 1,1% do faturamento do PIM em 2013. O mesmo estudo aponta ainda que a biodiversidade é um diferencial para atrair mais investimentos para o setor na região, uma vez que 41% das empresas de bionegócio instaladas no Amazonas são do setor alimentício.

#### 8.1.2 A empresa Complevida Produtos Naturais da Amazônia Ltda.

Iniciada no ano de 2008 na residência da empreendedora Maria das Graças Hilda dos Santos e do empreendedor Roberto Carlos dos Santos, casal proprietário da empresa, a Complevida Produtos Naturais da Amazônia Ltda é uma microempresa do setor de alimentos naturais situada na cidade de Manaus. A Complevida possui desde 2012 um espaço no Centro

de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico – CDTECH, órgão da Universidade Federal do Amazonas que possui a função de servir como incubadora para negócios de interesse estratégico para a região. A Complevida utiliza este espaço como escritório e local de fabricação dos seus produtos, vide Figura 13.

Figura 13 – Instalações da Complevida (CDTECH/UFAM)



Fonte: site Complevida.

Os principais insumos utilizados são sementes tais como granola, girassol, chia, gergelim, linhaça, castanha-do-Brasil e farinha de aveia, farinha de maracujá, entre outros. O processo produtivo é basicamente artesanal, utilizando poucas máquinas, entre elas: balança, processador, forno e estufa. As principais etapas do processo produtivo são: seleção das sementes, pesagem, trituração, torragem, peneiramento, mistura, envase e rotulagem. A quantidade de cada insumo utilizado na fabricação e a sequência do processo produtivo depende do complemento alimentar que irá ser fabricado e de acordo com o efeito funcional desejado. A produção é realizada pelos proprietários sob a supervisão de profissionais registrados do setor de alimentos.

Segundo o proprietário Roberto Santos, a produção não acontece de forma contínua devido à demanda e a impossibilidade de manter o estoque de sementes por muito tempo por limitação de espaço e garantia da qualidade do produto final. Todavia, toda produção é absorvida pelo mercado, havendo margem de crescimento, segundo o proprietário.

Na área comercial, a Complevida possui um quiosque em um shopping de grande porte na cidade de Manaus no qual comercializa seus produtos, conforme Figura 14, além

disso a empresa possui um site<sup>17</sup> para divulgação dos produtos. No entanto, a principal estratégia de marketing é o relacionamento direto e orientativo junto aos clientes, já que na maioria das vezes os mesmos estão em buscas de alternativas mais naturais para tratar os problemas de saúde mas não sabem exatamente o que devem modificar em suas dietas para ter um efeito positivo específico.

Figura 14 – Ponto de venda da Complevida.



Fonte: site Complevida.

A Complevida é uma empresa preocupada com a sustentabilidade nas suas ações, um exemplo desse perfil é a priorização de fornecedores locais para aquisição dos insumos afim de contribuir para o impacto social nas cadeias produtivas locais. Na área ambiental, a Complevida comercializa seus produtos em embalagens que são reaproveitáveis, evitando o descarte direto no meio ambiente.

### 8.1.3 A pesquisa avaliada: Obtenção e aplicação da fécula do cará-roxo (*Dioscorea trifida* L.f) na produção de alimentos funcionais

A pesquisa avaliada tem como tema a obtenção e aplicação da fécula do cará-roxo na produção de alimentos. A pesquisa não é um estudo único, e sim um conjunto de pesquisas desenvolvido por um grupo formado na Faculdade de Ciências Agrárias com a participação de diversos departamentos como o Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS) e o Departamento de Produção Animal e Vegetal (DPAV). As pesquisas sobre a fécula do cará

---

<sup>17</sup> Endereço do site da Complevida: <<http://complevida.com.br/>>.

envolveram ainda pesquisadores da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, do Departamento de Química e do Departamento de Biotecnologia.

O cará pertence à família *Dioscoreaceae*, cujas espécies cultivadas mais conhecidas são a *Dioscorea alata* e a *Dioscorea cayennensis*, é um tubérculo comumente cultivado em roças de agricultores tradicionais em todo o Brasil. Ele é amplamente difundido na Amazônia por estar presente na dieta da população local. Além disso, o tubérculo possui destacadas características nutritivas, pois é rico em carboidratos, proteínas, fósforo, cálcio, ferro e vitaminas B1 e B2 (RAMOS, 2014).

Na região Amazônica o cará é uma cultura que se desenvolve bem nas condições dos agroecossistemas de terra-firme, sendo observado seu cultivo em larga escala pelos agricultores familiares do Baixo Solimões como principal fonte de renda e subsistência (RAMOS, 2014; COSTA e COSTA, 2016).

Nos últimos anos, a cultura do cará vem apresentando nível considerável de incremento, assumindo uma nova dimensão na cadeia alimentar e marcando participação no desenvolvimento da agricultura familiar no interior do estado do Amazonas, sendo o município de Caapiranga, o maior produto de cará do estado, apresentando um grande potencial para a produção de produtos oriundos do cará (COSTA e COSTA, 2016).

A fécula do cará pode substituir a de mandioca e seu amido tem as mesmas características do amido do milho, tanto em sabor como em textura e cor, podendo ser empregado por indústria alimentícia com a mesma finalidade (ZARETE *et al.*, 1998).

O procedimento para obtenção da fécula na pesquisa avaliada segue a metodologia proposta em Lamarão *et al.* (2016) adaptado de Cereda *et al.* (2003) que consistiu na coleta do material do estudo no município de Caapiranga e seguiu a sequência: os tubérculos foram lavados, descascados e cortados em pedaços menores, posteriormente foi realizada a trituração desse material seguida de filtrações em tamises 100 e 200 mesh, o material filtrado foi submetido a decantação por 48 horas, sendo o sobrenadante descartado e o material sedimentado desidratado a 40°C para a obtenção da fécula.

A partir da fécula obtida, Lamarão *et al.* (2016) avaliaram o potencial da fécula do cará para a produção de bolo, biscoito, macarrão, panqueca, pão e pizza. O melhor resultado foi obtido com a substituição de 5% de fécula de cará para bolo, biscoito, macarrão e pizza. Já para produção de panqueca o melhor tratamento foi realizado com a substituição parcial de 20% de fécula.

O avaliador do potencial desta pesquisa considerou as diversas formas de aplicação da fécula para estimar seu potencial inovador, mas o foco foi a aplicação da fécula na formulação

de um complemento alimentar em pó e seco, similar aos produtos já comercializados na empresa.

Figura 15 – Estágio do beneficiamento do cará-roxo.



Fonte: Imagens da internet (2017).

#### 8.1.4 Aplicação do índice SIMI-Biotech

A pesquisa científica sobre a fécula do cará-roxo foi avaliada utilizando o índice SIMI-Biotech com a participação da empresa Complevida Produtos Naturais na função de avaliadora, na pessoa do proprietário Roberto Santos. As justificativas para os julgamentos são apresentadas a seguir.

- **Efeitos econômicos**

O item Efeitos econômicos refere-se ao potencial impacto financeiro do produto gerado com a aplicação da pesquisa em avaliação. Este resultado financeiro pode ser medido em todas as etapas do processo produtivo até a etapa comercial. Portanto, fazem parte deste critério lucratividade, volume financeiro estimado de vendas, custo de produção, *market-share* entre outras métricas econômicas cabíveis. Vale ressaltar que o efeito econômico será mais significativo se houver boa aceitação no mercado por parte dos consumidores.

Na visão do decisor, o efeito econômico no mercado alimentício de produtos naturais é mais dependente do desempenho ambiental do que o desempenho social, uma vez que produtos com elevada geração de resíduos impactam mais significativamente nos custos de produção e, portanto, afetam mais o resultado financeiro.

Já em relação ao ciclo de vida do produto, o efeito econômico é mais sensível à viabilidade operacional da fabricação (Produção e Logística) devido os custos relativos ao processo produtivo serem o principal parâmetro para precificação do produto. Ainda em relação do ciclo de vida, tem significativa importância para o desempenho financeiro a etapa

de Consumo, pois a experiência positiva do cliente permitirá a consolidação do produto no mercado e consequente lucratividade.

Em relação ao mercado de produtos naturais, o decisor pontuou como mais relevante para os Efeitos Econômicos os fatores Tecnologia e Cultura, devido os clientes deste mercado consumirem os produtos devido ao benefício desejado, como por exemplo, emagrecimento, boa digestão, controle de gorduras e açúcares. Neste contexto, é necessário garantir que a tecnologia de fabricação permita que de fato o objetivo funcional do produto será alcançado, ao mesmo tempo algumas espécies de matérias-primas regionais estão no imaginário popular ligado a determinado efeito no metabolismo. Estes dois fatores facilitam a aceitação junto ao mercado consumidor, impulsionando vendas e resultado financeiro.

- **Efeitos ambientais**

O item Efeitos ambientais refere-se ao potencial impacto ambiental gerado pelo produto com a aplicação da pesquisa em avaliação ao longo de todo o ciclo de vida do mesmo. São exemplos de efeitos ambientais indesejados: geração de resíduo líquido, gasoso ou sólido; produto final com potencial contaminante; produto de difícil deterioração natural; alto consumo de energia, água ou matéria-prima natural para fabricação; entre outros específicos para cada produto.

Em relação à sustentabilidade de produtos naturais, o decisor pontuou que o desempenho ambiental está mais ligado ao desempenho social da inovação, uma vez que apenas caso a alternativa mais limpa seja aceita pelo mercado (pessoas) está será amplamente consumida e, portanto, gerará menos impacto ambiental.

Já em relação ao ciclo de vida, conforme esperado, as etapas de Descarte e Produção se destacam como aquelas que mais impactam no desempenho ambiental, e, portanto, devem ser mais consideradas na seleção de uma inovação. Na avaliação do mercado, o decisor destaca que o impacto ambiental depende mais do Sistema de uso mais aceito pelo cliente e das vantagens para o meio ambiente apresentadas. Mas em contrapartida, há ainda uma baixa importância cultural para o tema.

- **Efeitos sociais**

Os Efeitos sociais referem-se ao potencial impacto humano gerado pelo produto com a aplicação da pesquisa em avaliação ao longo de todo o ciclo de vida do mesmo. São exemplos de efeitos sociais desejados: geração de empregos em arranjos produtivos locais; qualidade de vida dos colaboradores; qualidade de vida das pessoas no entorno do negócio; bom relacionamento com clientes e fornecedores; contribuição para o ambiente social mais limpo e saudável.

Os efeitos sociais são mais afetados pelos efeitos econômicos do que pelos ambientais, principalmente, porque para os colaboradores um bom volume de negócios permite melhores salários e mais empregos o que contribui para o bem estar humano. Tal perspectiva é reforçada pelo baixo impacto ambiental de produtos naturais.

Em relação ao ciclo de vida, o decisor cita como etapa mais relevante para o desempenho social o Consumo, devido o baixo impacto social no Descarte e a produção enxuta. Esta avaliação revela que o bem-estar humano do cliente é o principal foco do segmento. Na avaliação de aceitação do mercado, destaca-se a baixa importância cultural que os consumidores ainda dão para o impacto social dos produtos, e a majoritária importância do fator tecnológico que os consumidores atribuem para a obtenção do bem-estar humano ao consumir o produto.

- **Produção e Logística**

O item Produção e Logística contempla todas as operações necessárias para transformar matéria-prima em produto acabado disponível para comprar por parte do cliente. São elementos deste item necessidades de mão-de-obra, máquinas, ferramentas, instalações, processos de fabricação, estoque, distribuição, modais de transporte, entre outros.

A etapa de Produção e Logística é mais afetada pela sustentabilidade econômica do que pela social e ambiental. Na visão do decisor, primeiro é verificada a viabilidade financeira de produzir e comercializar os produtos com determinada inovação, em seguida é discutida o tratamento de externalidades ambientais e sociais ligadas à produção.

O setor de produtos naturais tradicionalmente tem baixo impacto ambiental em toda sua cadeia produtiva, o que torna os processos produtivos mais ligados às necessidades da fase de consumo do que o tratamento de efeitos ambientais no descarte. Em relação ao atendimento das necessidades do mercado, a produção é mais afetada pelos fatores culturais e tecnológicos na visão do decisor devido os clientes de produtos naturais prezarem por uma cultura da vida saudável e por acreditem na ciência aplicada na produção destes itens.

- **Consumo**

O item Consumo contempla todos os atributos ligados à experiência do consumidor ao usar o produto gerado com a aplicação da pesquisa avaliada. São elementos deste item *user experience* (experiência do consumidor), durabilidade, prazo de validade, riscos ao consumir, consumo de alimentação e manutenção (ex.: combustível, pilha, etc.), entre outros.

Em relação aos aspectos da sustentabilidade, o consumo é mais afetado pelo desempenho econômico, como preço do produto ou economicidade por ter um prazo de

validade maior. No entanto, o efeito social também destaca-se devido a importância da geração de bem-estar após o consumo, um traço forte do setor de alimentos.

No que tange às demais etapas do processo produtivo, o Consumo é extremamente mais afetado pela produção do que pelo descarte, haja vista que é na etapa de produção que o produto é configurado para atender as especificações dos clientes e até mesmo os ajustes para reduzir possíveis impactos ambientais.

Nas variáveis de mercado, o consumo é afetado principalmente pelo fator tecnológico já que na visão do decisor o principal fator para aquisição ou não do produto é o potencial efeito positivo que este trará, superando até aspectos sensoriais como sabor e aroma. Outro fator importante é ainda o fator cultural que facilita o aproveitamento de espécies locais devido à aceitação prévia dos consumidores locais.

- **Descarte**

O Descarte contempla todos os efeitos gerados quando o produto desenvolvido com a aplicação da pesquisa avaliada é devolvido para o ecossistema. São elementos que podem fazer parte deste item: produtos/embalagens retornáveis ou recicláveis, outras indústrias que podem utilizar os resíduos, sistemas de recolhimento, entre outros específicos para cada setor.

No setor de produtos naturais, o decisor classificou, conforme esperado, os efeitos ambientais como determinantes para o desempenho positivo do Descarte, acompanhado dos Efeitos sociais, já que o descarte é uma ação que depende da participação dos consumidores.

Já em relação ao ciclo de vida, a avaliação apontou a importância majoritária da Produção e Logística sobre o Consumo para determinar a eficiência no Descarte, já que uma produção que adequa o produto para a minimização dos Efeitos ambientais é mais eficiente do que depender do consumidor, devido a questões culturais.

Em relação ao mercado consumidor, o Descarte não é uma preocupação recorrente nem mesmo no setor de produtos naturais. Sendo que produtos que oferecem alguma tecnologia/recurso que minimizem ou facilitem o descarte são mais bem aceitos pelos consumidores, mas não definem preferência por si só. Há ainda uma participação significativa do fator Cultura, sendo a valorização de questões ambientais ligadas aos produtos consumidos um processo em desenvolvimento.

- **Cultura**

O item Cultura contempla o processo de aceitação do produto desenvolvido com a aplicação da pesquisa avaliada. São elementos que podem fazer parte deste item: marca, origem, matéria-prima, forma, sabor, etc. É neste critério que o fator marketing influencia o desempenho global da inovação.

No que refere-se à sustentabilidade o fator cultural está mais ligado a questões sociais (Consumo) que moldam a escolha do cliente, seguido dos efeitos ambientais (origem natural) devido a fabricação com menos processos industrializados. O fator econômico fica em segundo plano. O que contribui para explicar o preço médio mais elevado de produtos naturais em relação aos produtos tradicionais.

O item Cultura é mais afetado pelas etapas Produção e Logística e Consumo na análise do ciclo de vida. No caso do Consumo, o fato de um produto gerar uma experiência positiva junto aos seus clientes permite que este construa uma imagem positiva no mercado. Já a Produção e Logística contribui para a aceitação do produto uma vez que neste segmento existe a expectativa por parte dos consumidores que a produção não utilize os mesmos processos da indústria alimentícia tradicional, o que é visto como um ponto positivo para a saúde.

Em relação aos demais fatores de mercado, a Cultura é majoritariamente mais afetada pela Tecnologia em comparação ao Sistema de uso, isso deve-se basicamente ao fato que a imagem positiva do produto está mais atrelada ao benefício que este gera.

- **Tecnologia**

O item Tecnologia contempla o conjunto de recursos e funcionalidades do produto desenvolvido com a aplicação da pesquisa avaliada. São elementos que podem fazer parte deste item no caso do segmento de alimentos naturais: auxílio na perda de peso, controle de colesterol, controle de glicose, melhora das funções digestivas, melhoras das funções circulatórias, entre outras vantagens diversas. Este critério depende diretamente da área de aplicação da pesquisa científica, podendo variar largamente.

Em relação à sustentabilidade, na visão do decisor o desempenho da tecnologia depende principalmente do aspecto econômico, pois por mais inovadora que seja a tecnologia empregada e os resultados obtidos, esta para se tornar popular precisa chegar ao mercado com um preço compatível com o poder de compra do consumidor alvo.

Durante o ciclo de vida, a Tecnologia será mais influenciada pela necessidade e experiência do consumidor, o que pode gerar ajustes na tecnologia. Outro fator significativo é a produção, uma vez que o processo produtivo deve garantir que o benefício sugerido estará presente no produto final.

Já no que tange ao mercado, a Tecnologia é mais influenciada pelo fator Cultura do que Sistema de uso. Este fato deve-se a percepção popular que o benefício está ligado mais à matéria-prima empregada e ao processo produtivo do que ao formato de apresentação do produto (pó, massa, líquido, extrato).

- **Sistema de uso**

O item Sistema de uso contempla o formato de consumo do produto desenvolvido com a aplicação da pesquisa avaliada. São elementos que podem fazer parte deste item no caso do segmento de alimentos naturais: embalagem, rótulo, instruções, forma (farinha, fécula, grão, biscoito, etc.), acessibilidade, tamanho, entre outros similares. Este critério pode variar largamente a depender do fabricante e do nicho de mercado escolhido. Atuam diretamente com este critério designers, analistas de marketing e engenheiros de processo.

Em relação à sustentabilidade, o critério Sistema de uso é mais influenciado pela questão social, uma vez que consumidores tendem a buscar o produto que melhor se adequa às suas necessidades de consumo, portanto, um produto que facilita o seu uso possui maior chance de ser consumido. Todavia, não é desprezível o percentual de importância do fator ambiental, o que pode ser compreendido como um processo de valorização de formas de consumo mais limpas.

No que tange ao ciclo de vida, o Sistema de uso é mais dependente da Produção e Logística, uma vez que uma inovação na forma de consumir depende da viabilidade técnica de produzir em escala. Além, disso é importante o fator Consumo, pois qualquer alteração na forma de consumir visa manter ou melhorar a experiência do usuário.

Com relação aos outros aspectos do mercado consumidor, o Sistema de uso vai ser mais bem aceito caso o fator tecnológico esteja presente, ou seja, quaisquer mudanças na forma de consumo tende a ser mais aceita se for acompanhado de algum benefício na experiência do usuário.

- **Inovações no setor de alimentos funcionais**

Segundo o decisor, uma inovação voltada para o setor de produtos alimentícios naturais precisa ter um desempenho superior em alguns dos critérios já analisados, pois são critérios prioritários na decisão de compra do consumidor. No que tange aos critérios da sustentabilidade, os fatores ambientais e sociais possuem importância equivalente e superior à questão econômica, pois no caso do surgimento de um produto novo com alto impacto no bem-estar humano e/ou ambiental, o mercado é capaz de absolver mesmo que o preço final seja mais elevado.

Em relação ao ciclo de vida, uma inovação neste segmento deve priorizar a fase de Consumo, pois o produto apenas será viável caso haja aceitação, que no caso de alimentos funcionais significa ter o efeito desejado no metabolismo. Destaca-se ainda a etapa de Produção e Logística que precisa garantir a viabilidade operacional de colocar a produto no mercado, considerando restrições de oferta de matéria-prima principalmente.

Já do ponto de vista de mercado, uma inovação para o setor precisa priorizar o impacto tecnológico, ou seja, o benefício que o produto venha a trazer para o consumidor. É comercialmente importante também a questão cultural, como a origem regional e o conhecimento popular a cerca dos benefícios trazidos por algumas matérias-primas utilizadas.

- **Desempenho da pesquisa avaliada nos critérios utilizados**

A pesquisa científica sobre a fécula do cará-roxo teve seu potencial desempenho avaliado considerando cada um dos critérios presentes no índice SIMI-Biotech. Esses julgamentos variam de 1 a 9, em que 1 representa um desempenho potencial igual ou superior ao *benchmarking* conhecido pelo decisor. Já um julgamento com valor 9 representa que a pesquisa científica tem potencial extremamente inferior ao *benchmarking* adotado.

Em relação ao critério Efeitos econômicos a pesquisa científica foi avaliada com desempenho igual a 3, devido ao alto valor estimado para o produto beneficiado chegar até o consumidor final. Todavia, o decisor ressalta que há potencial para aceitação mesmo que o preço seja mais alto que outros tipos de fécula já utilizados na fabricação.

Em relação ao critério Efeitos ambientais a pesquisa científica obteve julgamento da ordem de 1, ou seja, o impacto ambiental da mesma é considerado mínimo devido ao aproveitamento de todos os resíduos para a produção da fécula do cará. Os resíduos podem até mesmo servir para fabricação de adubos. E na aplicação em complementos alimentares não há perda ou perigo de contaminação ambiental durante o Consumo ou Descarte.

O critério Efeitos sociais obteve julgamento de valor 1 devido a importância da produção do cará roxo para a renda das famílias e da economia de municípios como Caapiranga (AM). Todavia, o decisor ressalta que para garantir impacto social com valor 1, é necessário que a transformação de cará roxo em fécula seja feita no município para que o produto beneficiado possua maior valor de mercado e boa parte do lucro com a venda seja destinada para os pequenos produtores. Neste contexto, é importante o papel de cooperativas para fazer a articulação com instituições como universidades, órgãos públicos e Embrapa.

Na etapa de Produção e Logística do ciclo de vida a pesquisa foi avaliada com valor 3, ou seja, é preciso mais informações sobre como o processo de obtenção da fécula pode ser reproduzido em um contexto fabril respeitando as restrições operacionais, visando garantir higiene, pureza e qualidade. Além disso, não são precisas as medidas de aproveitamento da massa de cará *in natura* para fécula. E, ainda, a aplicação da fécula do cará-roxo na produção carece de um estudo de viabilidade técnica e nutricional para obtenção de uma formulação adequada de um suplemento alimentar à base da fécula obtida.

Na etapa de Consumo, a pesquisa obteve pontuação 2, ou seja, muito próximo do ideal. O valor 2 foi atribuído devido uma parte da população não ser adepta ao consumo da espécie na sua dieta. Todavia, a maior parte aceita bem o cará, consumindo cozido, na forma de purê, massas e outras receitas. Portanto, há um elevado potencial de causar uma experiência positiva de consumo, sem nenhuma externalidade.

Na etapa de Descarte, o julgamento da pesquisa científica foi de valor 1, pois no final da vida do produto, caso o consumidor tenha utilizado todo o produto o único resíduo será a embalagem. E caso o produto ultrapasse o prazo de validade e seja descartado na natureza não representa nenhum tipo de risco para o solo ou hídrico. O critério Cultura foi avaliado com julgamento de valor 3. Este valor foi atribuído pelo decisor devido ao baixo reconhecimento da população para os benefícios do cará-roxo, sendo necessária investimento em comunicação para que o mesmo seja aceito mais facilmente.

Já o critério Tecnologia obteve avaliação 4, a mais baixa entre todos os critérios. O principal motivo é a ausência do estudo nutricional para determinação precisa dos efeitos da fécula do cará-roxo na dieta e no organismo do potencial consumidor. Sem este estudo, é difícil a aplicação da pesquisa científica na formulação de um alimento funcional com um objetivo específico.

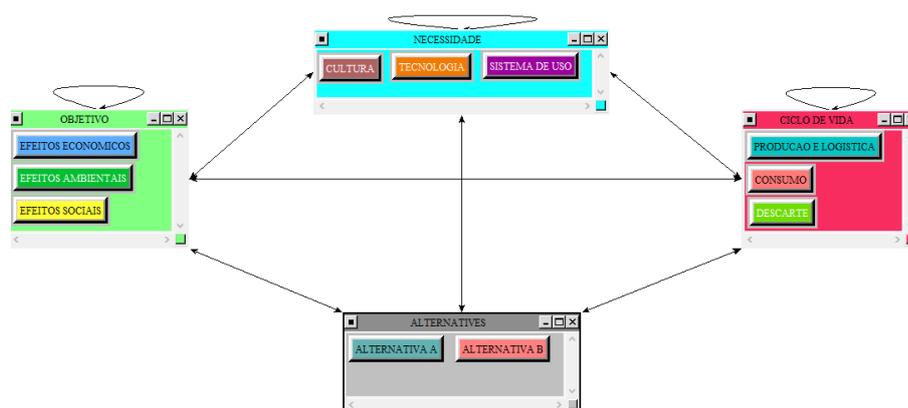
E por fim, o critério Sistema de uso teve avaliação 2, ou seja, quase ideal, principalmente, pela versatilidade da fécula para produção de diversos tipos de alimentos, e potencial aplicação desta insumo na formulação de suplementos alimentares similares aos já produzidos pela Complevida. A sugestão para obtenção de julgamento de valor 1 é a disponibilização do cará-roxo tanto na forma fécula quanto no formato de farinha, pois facilitaria para manter o aspecto do produto similar aos já existentes.

- **Índice SIMI-Biotech**

Os julgamentos relatados pelo decisor foram traduzidos em uma super matriz de pesos de importância e desempenho presente no Apêndice B. A partir da massa de dados obtida foi possível utilizar o algoritmo ANP, base matemática do método SIMI-Biotech, para síntese do potencial inovador sustentável da pesquisa da fécula do cará-roxo. O índice SIMI-Biotech mostrado na Figura 17 é obtido ao normalizar o valor presente na linha “pesquisa A” apresentada na supermatriz final (Apêndice D).

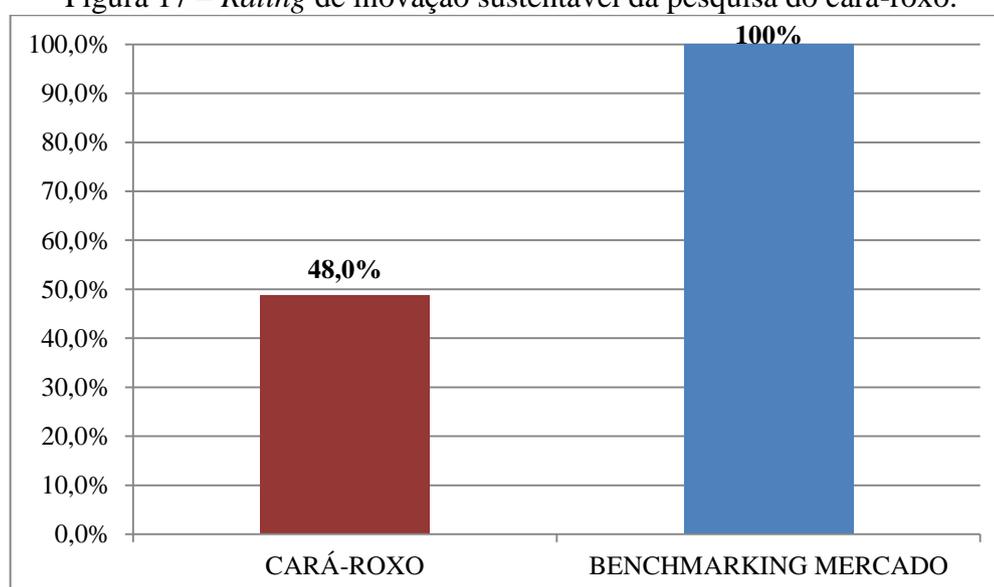
O índice SIMI-Biotech foi calculado utilizando o *software* SuperDecisions, conforme modelo apresentado na Figura 16. O valor do índice de inovação sustentável estimado para pesquisa do cará-roxo é apresentado na Figura 17.

Figura 16 – Modelo SIMI-Biotech no *software* SuperDecisions.



Fonte: O autor.

Figura 17 – *Rating* de inovação sustentável da pesquisa do cará-roxo.



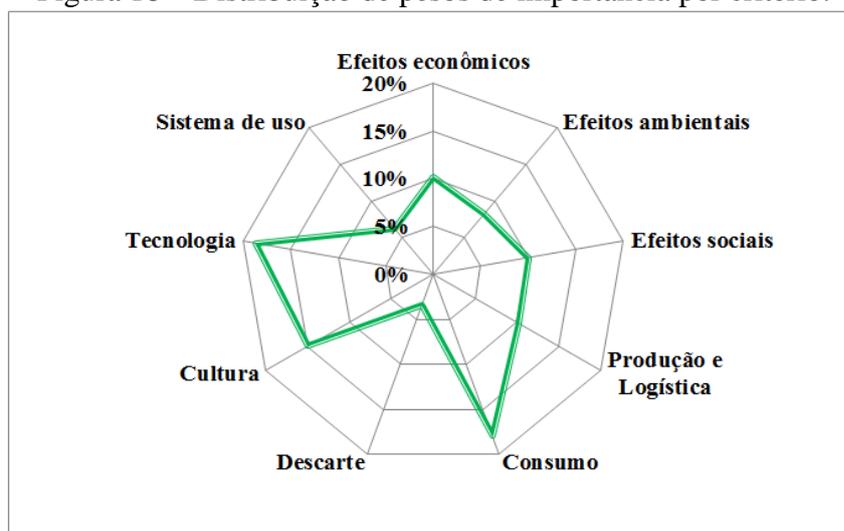
Fonte: O autor

A pesquisa relativa à obtenção e aplicação da fécula do cará-roxo para a produção de alimentos obteve *rating* de 48,0% em relação ao *benchmarking* utilizado pelo decisor. Este valor é o resultado matemático de todos os julgamentos realizados anteriormente, e representa o quão próxima a pesquisa científica está de torna-se uma inovação, na avaliação do decisor.

#### 8.1.5 Discussão dos resultados

Apesar da pesquisa para obtenção e aplicação da fécula do cará-roxo ter sido bem avaliada pelo decisor em quase metade dos critérios (Efeitos ambientais, Efeitos Sociais, Descarte e Sistema de uso), o índice SIMI-Biotech final foi abaixo de 50% da pontuação total possível. Portanto, é necessário analisar mais detalhadamente este resultado. Neste contexto, a Figura 18 apresenta a distribuição de pesos por critério.

Figura 18 – Distribuição de pesos de importância por critério.



Fonte: O autor.

A Figura 18 mostra uma maior importância dos critérios Tecnologia, Cultura e Consumo para o potencial inovador da fécula do cará-roxo. Consultando a Tabela 1, observa-se que dos três critérios mais importantes para o potencial inovador sustentável apenas Consumo tem avaliação próxima do ideal. Dos 9 critérios avaliados 5 possuem avaliação excelente, entre 2 ou 1. No entanto, dentre estes com avaliação muito positiva, 3 são critérios com menor importância, a saber, Descarte (3%), Sistema de uso (6%) e Efeitos ambientais (8%).

Tabela 1 – Peso de importância por critério x Avaliação por critério.

<b>Critério</b>	<b>Importância do critério</b>	<b>Avaliação por critério<sup>18</sup></b>
<b>Efeitos econômicos</b>	<b>10%</b>	<b>3</b>
Efeitos ambientais	8%	1
Efeitos sociais	10%	1
<b>Produção e Logística</b>	<b>10%</b>	<b>3</b>
Consumo	18%	2
Descarte	3%	1
<b>Cultura</b>	<b>15%</b>	<b>3</b>
<b>Tecnologia</b>	<b>19%</b>	<b>4</b>
Sistema de uso	6%	2

Fonte: O autor.

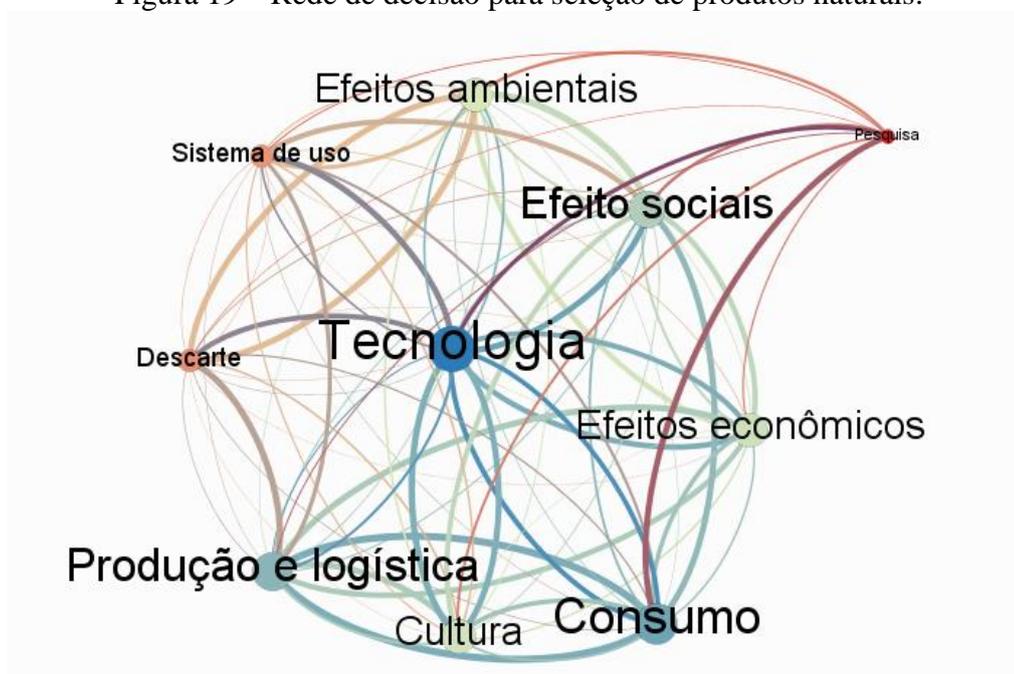
Já os critérios Tecnologia (19%), Cultura (15%), Produção e Logística (10%) e Efeitos econômicos (10%) obtiveram avaliação 3 ou 4, ou seja, a pesquisa avaliada possui uma margem significativa para melhoria nestes critérios antes de chegar ao mercado. Os quatros

<sup>18</sup> Quanto mais próximo do valor 1, melhor o desempenho no critério.

critérios citados concentram 54% da importância para o sucesso da inovação e para a sustentabilidade.

A Figura 19 mostra a rede de importância entre os critérios na avaliação do decisor. A análise deste gráfico de rede permite determinar a forte interdependência entre alguns critérios. Existe forte correlação entre o critério Descarte e Efeitos Ambientais, mas ambos contribuem pouco para o desempenho final da pesquisa avaliada uma vez que o setor de alimentos de produtos naturais tradicionalmente possui baixo impacto ambiental. Portanto, um bom desempenho neste critério apesar de ser desejado não chega a ser um grande diferencial.

Figura 19 – Rede de decisão para seleção de produtos naturais.



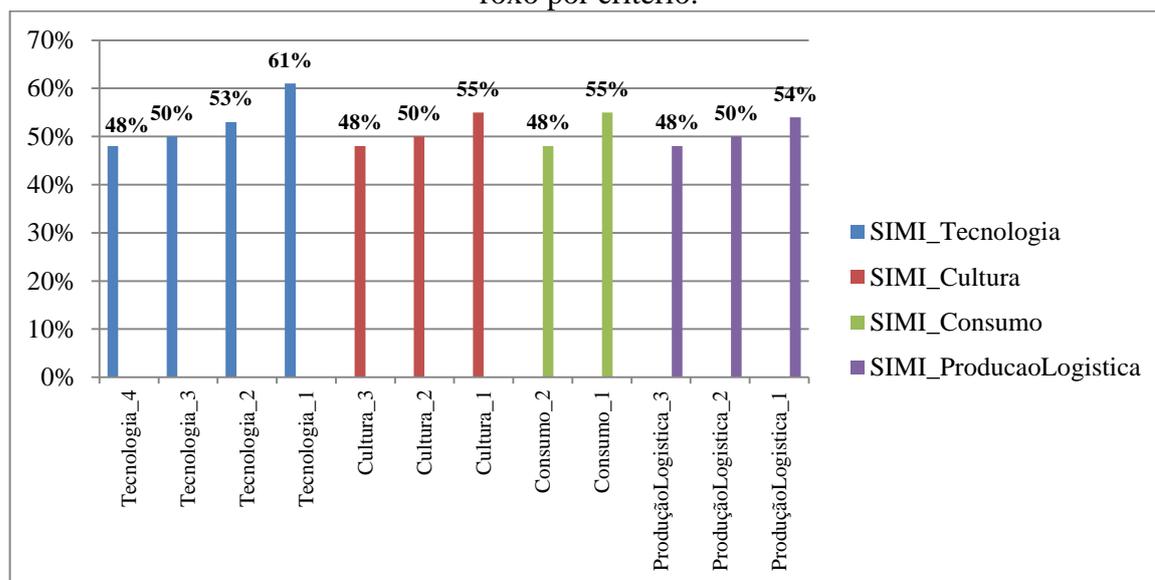
Fonte: O autor.

Os critérios Produção e Logística, Consumo, Tecnologia e Efeitos econômicos possuem forte ligação entre si, basicamente devido ao fato que o benefício trazido pela Tecnologia impacta diretamente na experiência do consumidor e conseqüentemente na demanda pelo produto, o que exige da etapa de Produção e Logística uma maior eficiência, podendo gerar um impacto financeiro mais significativo.

A Figura 19 mostra os critérios Consumo, Tecnologia e Efeitos Sociais formando outro subgrupo bastante interdependente, possivelmente porque uma pesquisa científica no setor de alimentos precisa gerar um impacto humano significativo no momento do consumo para obter êxito no mercado.

A Figura 20 mostra uma simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech caso o desempenho nos principais critérios fossem melhorados individualmente. Nota-se que o critério Tecnologia possui maior margem de crescimento. E o critério Consumo o maior crescimento no caso de uma evolução inicial.

Figura 20 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech da pesquisa da fécula do cará-roxo por critério.



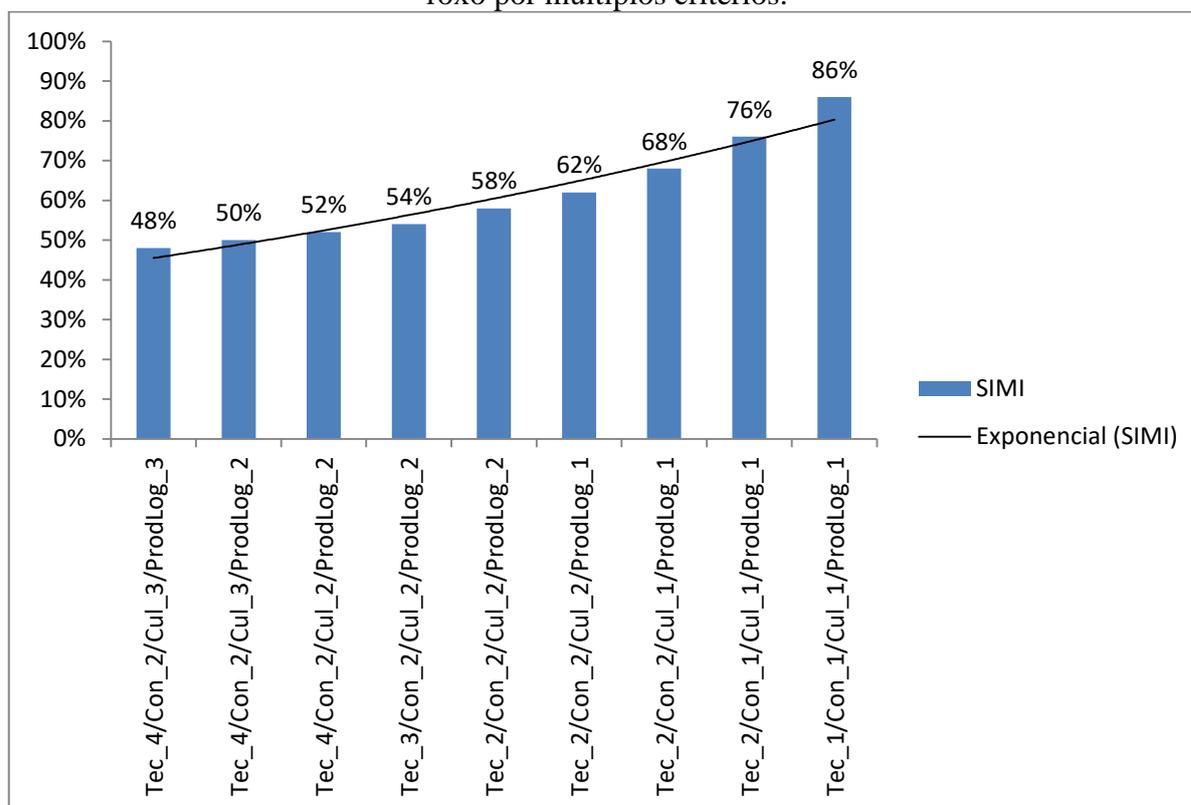
Fonte: O autor.

A Figura 20 torna claro que melhorar a pesquisa avaliada em único critério tem efeito positivo, porém limitado sobre o potencial inovador sustentável. A Figura 21 é uma simulação da evolução do índice SIMI-Biotech no caso de uma melhoria da avaliação da pesquisa em diversos critérios simultaneamente.

Esta análise serve para determinar qual aspecto da pesquisa científica o pesquisador deve priorizar para aumentar a viabilidade técnica do estudo transformar-se em uma inovação. Por outro lado, serve também para que o investidor que adquira a tecnologia saiba quais os pontos fracos críticos que devem ser melhorados prioritariamente.

No caso da pesquisa da fécula do cará-roxo nota-se que o crescimento do potencial inovador cresce mais rapidamente quando os critérios Consumo e Tecnologia atingem nível de excelência. Portanto, o estudo nutricional para determinação da atividade funcional do alimento e a consequente experiência percebida pelo usuário precisam ser mais bem descrita na pesquisa científica para a certificação do potencial inovador da fécula.

Figura 21 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech da pesquisa da fécula do cará-roxo por múltiplos critérios.



Fonte: O autor.

O senso comum normalmente entende o índice de 48,0% como uma avaliação bastante negativa. Contudo, na avaliação SIMI-Biotech este valor não significa que a pesquisa avaliada não seja inovadora. O algoritmo utilizado no método SIMI-Biotech é compensatório e a régua de avaliação bastante rígida, de forma a penalizar significativamente aquelas pesquisas que não obtém bom desempenho nos critérios mais relevantes. Além disso, a pesquisa da fécula do cará-roxo não foi comparada a um produto, mas sim a um conceito do que seria o produto ideal na visão do decisor. Portanto, muito mais difícil de obter a pontuação máxima.

O real significado da avaliação é que a pesquisa da fécula do cará-roxo precisa realizar alguns estudos técnicos complementares para confirmação da atividade funcional dos alimentos provenientes do uso da fécula em pães, biscoitos, massas e suplementos alimentares, foco dessa avaliação. Outro gargalo apontado pelo SIMI-Biotech é a necessidade de melhorar a aceitação cultural do produto, ou seja, criar estratégias para que o produto seja consumido continuamente, possivelmente investigando quais aspectos (sabor, aroma e textura) e funções do produto são mais valorizados pelos clientes.

A avaliação demonstrou ainda a necessidade de avançar nos estudos sobre o processo produtivo do cará-roxo em escala industrial atentando para os aspectos econômicos como custo de produção, custo do produto acabado e custos logísticos. No que tange a

sustentabilidade, além dos aspectos econômicos citados, para um impacto social mais significativo é relevante que haja o beneficiamento do cará-roxo nas comunidades produtoras.

Investidores interessados em investir na pesquisa avaliada da forma como atualmente se encontra precisarão atentar para os pontos citados. Ou seja, são necessários investimentos para produção da fécula antes da aplicação em um produto final. Posteriormente, é preciso custear o estudo nutricional para determinar qual o perfil funcional dos produtos derivados da fécula. E na fase final de inserção no mercado, atuar para utilizar o costume da população da região de consumir cará como um fator cultural favorável.

Em síntese, as principais sugestões para o aumento do potencial inovador sustentável da pesquisa para obtenção e aplicação da fécula do cará-roxo ou para investimento na mesma são:

- Priorização do estudo nutricional;
- Marketing baseado na origem regional e nos efeitos funcionais;
- Estudo técnico para produção da fécula do cará-roxo com aproveitamento similar à produção com conhecimento tradicional;
- Priorização do estudo da experiência sensorial no produto final;
- Atuação das cooperativas como produtoras da fécula do cará-roxo ou capacitação de pequenos produtores de municípios como Caapiranga para fabricação da fécula;
- Avaliação SIMI-Biotech para cada tipo de produto derivado (biscoito, massas, bebida alcoólica, pães, etc.);

## **8.2 Estudo de caso 2: Cheiro de Folha da Amazônia Ltda.**

Neste estudo de caso a empresa avaliadora foi a Cheiro de Folha da Amazônia que atua no setor de cosméticos na cidade de Manaus sendo localizada no Centro de Incubação e Desenvolvimento Empresarial (CIDE), instituição inaugurada em 2000 para promover o desenvolvimento de empresas locais com perfil inovador e com potencial de fortalecer a economia regional em áreas estratégicas como tecnologia da informação e biotecnologia.

### *8.2.1 Setor de atuação*

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) divulgados em 2014, a indústria brasileira neste setor apresentou um crescimento médio próximo a 10% a.a. no período de 1996 a 2013. No que tange as exportações, os 10 principais mercados consumidores estão na América Latina. Do total de

empresas do setor menos de 2% estão situadas na região norte, sendo o estado do Amazonas responsável por cerca de 35% deste percentual, em números absolutos são 16 empresas.

No entanto, as perspectivas para o setor são bastante promissoras já que o Brasil é o terceiro maior mercado mundial, sendo o primeiro mercado em perfumaria e desodorantes, o segundo em produtos para cabelos, o terceiro em produtos cosméticos, quarto em higiene oral e quinto em produtos para pele (ABIHPEC, 2014).

Vilha e Carvalho (2005) explicam que o mercado brasileiro é ocupado tanto por multinacionais de grande porte quanto por empresas brasileiras de pequeno e médio porte. As multinacionais, em geral, são empresas de grande porte originárias dos setores farmacêutico e alimentício. Essas empresas possuem economia de escala e atuam em segmentos correlatos e diversificados. São exemplos as americanas Johnson & Johnson, Colgate-Palmolive, Procter & Gamble e da anglo-holandesa Unilever. Existem também empresas multinacionais com atuação concentrada nos segmentos de perfumaria e cosméticos, como L’Oreal, Shiseido, Estee Lauder, Revlon, Coty, Avon, Mary Kay e Nu Skin.

#### 8.2.2 A empresa Cheiro D’Folha da Amazônia Ltda.

A empresa surgiu em 2000 no estado da Bahia com o nome de Anna Morena com a finalidade de oferecer produtos de beleza. Em 2004, a empresa passou a ter como sede o estado do Amazonas com o objetivo de fabricar cosméticos com aromas da biodiversidade amazônica. Desde o início na cidade de Manaus, está sediada no CIDE juntamente com outras pequenas e micro empresas do segmento. A empresa já participou de eventos e exposições de produtos de beleza em diversas cidades da Europa e do Brasil por meio de programas públicos de divulgação de empresas locais, tal como o Programa do Artesanato Amazonense (PAA) vinculado ao Programa de Artesanato Brasileiro (PAB) do Governo Federal.

Figura 22 – Entrada principal do CIDE.



Fonte: Arquivo Cheiro D’Folha da Amazônia (2017).

Em 2016, foi iniciado um processo de reestruturação que incluiu desde a modificação do nome da marca para Cheiro D’Folha da Amazônia até a redefinição do portfólio de produtos para o ano de 2017. Atualmente a empresa produz 15 itens diferentes, sendo os principais: sabonetes em barra e líquido, buchas, hidratantes, esfoliantes, colônias, sais de banho e águas de passar, aromatizantes e difusores de ambiente. Já os principais aromas e matérias-primas são: andiroba, copaíba, murumuru, mulateiro, capim-limão, além de frutos amazônicos como açaí, buriti e cupuaçu. A linha de produtos atual da empresa é mostrada na Figura 23.

Figura 23 – Linha de produtos Cheiro de Folha.



Fonte: Arquivo Cheiro D’Folha da Amazônia (2017).

A Cheiro D’Folha da Amazônia não possui ponto de venda fixo, pois segundo a diretora Wanessa Santana os custos de manutenção são bastantes elevados, em especial em shoppings e outras praças de grande circulação. Por este motivo a principal estratégia de comercialização é a venda direta por meio de consultoras cadastradas pela empresa. A Cheiro D’Folha da Amazônia vende seus produtos ainda em feiras e bazares de produtos de beleza que acontecem em Manaus e outras cidades. A empresa destaca que participou de todas as edições da Feira Internacional da Amazônia que acontece a cada dois anos.

A principal dificuldade relatada pela diretora da empresa está na oferta de laboratórios locais que possam atestar as propriedades funcionais dos produtos produzidos na empresa com as matérias-primas regionais. Portanto, a seleção de pesquisas científicas que facilitem que propriedades de interesse sejam incorporadas aos produtos da empresa é algo estratégico para Cheiro D’Folha da Amazônia.

### 8.2.3 A pesquisa avaliada: Extratos bioativos de resíduos agroindustriais do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) para fabricação de cosméticos

O buriti (*Mauritia flexuosa*) é uma espécie de palmeira amazônica (*Areaceae lepidocaryceae*) encontrada no Brasil, Peru, Venezuela, Equador, Bolívia e Colômbia. A palmeira do buriti ocorre em áreas alagadas ou brejosas, como em beira de rios, igapós, lagos e igarapés, onde é encontrada em grandes concentrações na forma de populações homogêneas (MELO, 2008).

O fruto do buriti possui antioxidantes, que são compostos benéficos à saúde, e por ser utilizado na culinária de diversas formas, pode ser uma boa fonte dessas substâncias e também de outros nutrientes, como carotenóides, uma vez que apresenta alto teor de vitamina A (SOUSA *et al.*, 2010).

Os principais produtos derivados da palmeira do buriti são oriundos do fruto cuja polpa é consumida principalmente nas regiões Norte e Nordeste *in natura* ou na forma suco, ou ainda pode ser usada para fabricação de uma espécie de vinho. Além disso, a polpa ainda serve para obtenção de um óleo comestível utilizado na alimentação e na indústria cosmética. Há ainda registros do uso da semente em ração para animais, já o tronco e as folhas podem ser usados na construção de habitações e na fabricação de artesanatos (MELO, 2008).

A produção de óleos e sucos de buriti gera diversos resíduos como cascas, sementes, fibras e subprodutos da polpa. As empresas e comunidades beneficiadoras do fruto do buriti encaram esses resíduos como um passivo ambiental que deve ser adequadamente destinado para evitar possíveis sanções ambientais e econômicas pelos órgãos competentes, além de ser um custo operacional a ser incluído no preço dos produtos.

As pesquisas avaliadas tem como objetivo desenvolver extratos bioativos do resíduo agroindustrial do buriti, especificamente a semente e a casca da semente (endocarpo), visando aplicação nas indústrias de alimentos e cosméticos. Portanto, as pesquisas visam agregar valor a um material residual gerado a partir do processamento da semente do buriti, podendo transformá-lo em um insumo importante para diversas outras indústrias, bem como aumentar o grau de sustentabilidade da cadeia de beneficiamento do buriti e dos produtos gerados com a aplicação dos extratos.

Figura 24 – O fruto buriti e seus potenciais produtos.



A) Frutos de buriti.



B) Extrato etanólico de resíduo (casca) do buriti.



C) Exemplo de produtos cosmético derivado do extrato do resíduo do buriti.

Fonte: (A) e (B) Barros (2011); (C) Cheiro D' Folha (2017).

A Figura 24 ilustra um hipotético processo de agregação de valor à cadeia produtiva de buriti. O fruto quando processado para gerar produtos tradicionais como o vinho de buriti, polpa para diversos fins e óleos irá gerar resíduos que podem gerar extratos bioativos, como o exemplo mostrado (3.B). Seguindo a cadeia produtiva, empresas como a Cheiro d' Folha podem adquirir tais extratos para inserir na formulação dos seus produtos (3.C) de acordo com o interesse comercial e o perfil do mercado consumidor.

#### 8.2.4 Aplicação do índice SIMI-Biotech

As pesquisas científicas que permitiram a obtenção de extratos bioativos a partir de resíduos agroindustriais do buriti foram avaliadas utilizando o índice SIMI-Biotech com a participação da empresa Cheiro D'Folha da Amazônia na função de avaliadora, na pessoa da sócia-proprietária Wanessa Santana. As justificativas para os julgamentos são apresentadas a seguir.

- **Efeitos econômicos**

Na visão da decisora, os Efeitos econômicos gerados com o uso de insumos amazônicos em produtos cosméticos dependem mais do desempenho social do produto do que seu desempenho ambiental, devido a produção de cosméticos, em geral, gerar poucos resíduos e os clientes deste segmento valorizarem a origem socialmente responsável dos insumos.

Na análise do ciclo de vida do produto, os Efeitos econômicos são mais afetados pela viabilidade operacional da fabricação (Produção e Logística) devido a aceitação mercadológica dos produtos ser positiva, e o gargalo está associado a questões logísticas regionais, principalmente. A etapa de Consumo também possui forte influência sob o resultado econômico, já que a experiência positiva do cliente é a principal forma de garantir uma participação de mercado em um segmento com diversos concorrentes.

Na avaliação mercadológica, a decisora pontuou como mais relevante para os Efeitos econômicos os fatores Tecnologia e Cultura, devido os clientes do setor de cosméticos consumirem, principalmente, em razão dos benefícios prometidos pelos produtos. Neste contexto, o aspecto funcional é o diferencial para aceitação e consumo do produto, por outro lado, aromas de matérias-primas amazônicas são um fator significativo para geração de renda devido a valorização da origem do produto. A decisora pontua ainda que a valorização da origem amazônica se dá mais facilmente em mercados fora da região.

- **Efeitos ambientais**

No setor de cosméticos e perfumaria, a decisora considera que o desempenho ambiental de uma inovação é mais depende do desempenho social, uma vez que os principais impactos ambientais causados pela fabricação de cosméticos acontecem nas cadeias de abastecimento de matérias-primas. No ciclo de vida dos cosméticos, a etapa de Descarte possui forte predominância sob o impacto ambiental, porém há uma forte participação do usuário na destinação correta dos resíduos do produto, principalmente embalagens e afins. Por este motivo, o Consumo também possui participação relevante nos Efeitos ambientais.

Em relação à dimensão necessidade relacionada ao mercado consumidor, a decisora destaca que o impacto ambiental depende majoritariamente do fator cultural, uma vez que os consumidores quando bem instruídos tende a adquirir produtos fabricados com tecnologias mais limpas. Em seguida vem o fator Sistema de uso, já que os consumidores priorizam produtos econômicos e com baixo potencial contaminante decorrente do uso.

- **Efeitos sociais**

Na visão da decisora, os Efeitos sociais são mais afetados pelos Efeitos ambientais do que pelos econômicos, principalmente porque Efeitos ambientais negativos podem prejudicar a qualidade de vida da comunidade onde o produto é consumido.

No ciclo de vida, a decisora cita como etapa mais relevante para o desempenho social o Descarte, devido os potenciais impactos negativos gerados para a comunidade com a poluição pela destinação inadequada de possíveis resíduos.

Para a aceitação de mercado, destaca-se a importância cultural que os consumidores deste segmento atribuem ao impacto social dos produtos. Todavia, ressalta-se que os impactos sociais precisam ser explicados ao consumidor final, uma vez que isso pode ser um diferencial competitivo que pode inclusive afetar o preço final e a fidelização de clientes.

- **Produção e Logística**

Segundo a decisora, o critério Produção e Logística de uma inovação é igualmente afetado pelos efeitos econômicos e ambientais. Isto significa que a decisão de fabricar e

distribuir um novo produto deve ser financeiramente viável e possuir o mínimo impacto ambiental, conseqüentemente, o não atendimento destas restrições torna a implementação da inovação não aconselhável. No ciclo de vida, a Produção e Logística são muito mais afetadas pelas características desejadas pelo cliente na fase de Consumo do que pela fase de Descarte devido o setor de cosméticos tradicionalmente possuir baixo impacto ambiental.

Em relação ao atendimento das necessidades do mercado, a produção é mais afetada pelo Sistema de uso, seguido do aspecto tecnológico (benefícios), na visão da decisora. Este fato se deve as exigências e preferências dos clientes que são os principais fatores para modificação, melhoria ou criação de novos processos produtivos.

- **Consumo**

Com relação à dimensão objetivo (sustentabilidade), o Consumo é mais afetado pelo desempenho social devido à importância da geração da sensação de bem-estar e higiene após o uso do cosmético. Em seguida surge os Efeitos ambientais devido à preocupação do consumidor com os potenciais danos ambientais gerados com o uso do produto.

No que tange às demais etapas do ciclo de vida do produto, o Consumo é extremamente mais afetado pela Produção e Logística do que pelo Descarte, este julgamento decorre da percepção que as alterações realizadas no processo produtivo possuem maior potencial de impactar positivamente ou negativamente na experiência do consumo do que melhorias realizadas no Descarte.

No mercado de cosméticos, o Consumo é afetado significativamente pelo fator tecnológico já que na visão da avaliadora um dos fatores determinantes para aceitação e consumo do produto são os benefícios prometidos. Outro fator com alta importância é o Sistema de uso, devido o setor de cosméticos investir bastante em embalagens, rótulos, design e usabilidade dos produtos.

- **Descarte**

No setor de cosméticos, a decisora atribui maior relevância aos Efeitos sociais e ambientais na avaliação da eficiência da fase de Descarte, quando se trata de sustentabilidade. Os Efeitos sociais negativos devem ser o menor possível para os consumidores diretos e indiretos do produto quando este gerar algum resíduo no final da vida útil. Tradicionalmente, a fase de Descarte está muito vinculada aos potenciais Efeitos ambientais negativos gerados pelo produto, no entanto, cosméticos geram principalmente resíduos plásticos que podem ser reaproveitados ou reciclados.

Em relação ao ciclo de vida, o julgamento apontou a importância majoritária da etapa de Consumo sobre a Produção e Logística, no que tange a eficiência no descarte, já que

devido a questões legais a destinação de resíduos do processo produtivo obrigatoriamente precisa ser adequada. Enquanto que, no fim da fase do consumo, o descarte é feito pelo próprio consumidor que, em muitos casos, não possui orientação para a destinação correta de determinados resíduos.

No que tange ao mercado consumidor, o Descarte adequado ou não depende principalmente do aspecto cultural, uma vez que a decisão da destinação correta está com o usuário do produto. O segundo fator mais relevante está mais próximo do controle da empresa fabricante, trata-se do fator tecnológico. A seleção de tecnologias que beneficiam o meio ambiente e reduzem o impacto social do Descarte inadequado permitem aumentar a aceitação do produto em um mercado cada vez mais consciente ecologicamente.

- **Cultura**

Em relação aos objetivos da sustentabilidade, o fator cultural no setor de cosméticos está mais associados a questões sociais e econômicas. Os Efeitos sociais são os principais argumentos facilitadores para aceitação do produto, já que os clientes valorizam a geração de emprego e renda para as cadeias locais. O fator preço do produto também afeta significativamente a aceitação do produto, já que há mais dificuldade por praticar preços mais elevados no mercado local, diferentemente do que acontece em outras praças pelo país ou internacionalmente.

O critério Cultura é mais afetado pelas etapas Produção e Logística e Consumo, que fazem parte do ciclo de vida. O critério Produção e Logística afeta a Cultura, pois para criar uma imagem positiva da marca no mercado é necessário que a qualidade do processo produtivo garanta os benefícios prometidos. Já a experiência positiva do Consumo é um dos alicerces para que o produto adquira uma participação de mercado significativa e um público consumidor fidelizado.

Em relação aos demais fatores de mercado, a Cultura é majoritariamente mais afetada pela Tecnologia em comparação ao Sistema de uso, isso deve-se basicamente ao fato que a imagem positiva do produto e consequente aceitação está muito mais atrelada ao benefício que o cosmético pode gerar.

- **Tecnologia**

Em relação à sustentabilidade, na visão da decisora o desempenho da Tecnologia depende, principalmente, da viabilidade econômica, ou seja, embutir um benefício inovador exige uma adequação de preço para que o produto seja acessível ao nicho que se destina. Outro aspecto importante para aceitação da Tecnologia são os possíveis impactos sociais associados que podem reduzir ou aumentar a demanda pelo cosmético desenvolvido.

A etapa do ciclo de vida mais importante para aceitação da Tecnologia é o Consumo, pois será nesta etapa que os efeitos positivos e negativos serão avaliados pelo consumidor e podem determinar o sucesso ou fracasso de um cosmético inovador. A segunda etapa mais importante é a Produção e Logística que contribui garantindo a qualidade e eficácia dos benefícios prometidos.

No que tange as demais variáveis de mercado, a Tecnologia é extremamente mais influenciada pelo fator Cultura do que pelo Sistema de Uso. O benefício gerado por uma Tecnologia pode ser mais bem aceito se a cultura local estiver mais propensa a validar essa informação. Por exemplo, fabricar um cosmético com uma matéria-prima que o conhecimento tradicional já utiliza facilita a aceitação do produto.

- **Sistema de uso**

Em relação aos objetivos da sustentabilidade, o critério Sistema de uso é mais afetado pela questão social, já que o objetivo da embalagem e mecanismo de consumo está centrado na figura do cliente. Por outro lado, também é valorizada a responsabilidade ambiental, portanto, produtos que minimizam os danos do consumo no meio ambiente possuem uma vantagem estratégica sob seus concorrentes.

No que tange ao ciclo de vida, o Sistema de uso é significativamente mais dependente da produção já que qualquer alteração para melhorar a usabilidade depende da capacidade produtiva e de um projeto para fabricação. Outro fator importante é o Consumo, pois são as exigências e preferências dos clientes que norteiam as modificações. Em relação aos demais fatores do mercado consumidor, o Sistema de uso depende principalmente das características da Tecnologia embutida na inovação, sendo o fator cultural secundário sob o aspecto técnico.

- **Inovações no setor de cosméticos**

Uma inovação no setor de cosméticos deve preferencialmente possuir um desempenho superior em alguns dos critérios já analisados. Em relação aos critérios da sustentabilidade, a decisora atribuiu maior importância aos critérios econômicos e sociais, pois estes são mais determinantes para a aceitação do produto, ou seja, fatores como preço do produto e matéria-prima de produtores locais são diferenciais para o sucesso da inovação.

Na análise do ciclo de vida, uma inovação no segmento de cosmético deve priorizar a fase de Consumo, pois o produto apenas será bem sucedido comercialmente se a experiência do usuário for positiva e atenda s expectativas do cliente. Destaca-se, ainda, a importância significativa e quase equivalente das etapas de Produção e Logística e Descarte, o que demonstra a necessidade de uma análise de viabilidade desde a aquisição de matéria-prima até a destinação correta de possíveis resíduos.

Na análise mercadológica, uma inovação para o setor cosmético precisa priorizar o impacto tecnológico, ou seja, o benefício que o produto venha a trazer para o consumidor. É relevante comercialmente o fator cultural, ou seja, é pertinente desenvolver estratégias para aumentar a empatia do consumidor com produtos com características: naturais, artesanais, de matérias-primas amazônicas, produzido na Amazônia, entre outros aspectos facilitadores.

- **Desempenho das pesquisas avaliadas nos critérios SIMI-Biotech**

As pesquisas científicas acerca da produção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do buriti tiveram seu potencial desempenho avaliado considerando cada um dos critérios presentes no índice SIMI-Biotech. No critério Efeitos econômicos, as pesquisas obtiveram pontuação 2, ou seja, bem próximo do ideal, já que possui potencial para aumentar o valor agregado do produto e conseqüentemente o valor monetário do mesmo, bem como contribuir para o incremento do volume de vendas. Todavia, devido à ausência de informações suficientes para estimar com mais precisão os custos produtivos não é possível afirmar que os resultados financeiros serão melhores que os obtidos pelos produtos já comercializados.

No critério Efeitos ambientais, as pesquisas obtiveram pontuação 1 devido serem uma alternativa para que os impactos ambientais gerados pelos resíduos agroindustriais do buriti sejam bastante minimizados. Contribui para essa pontuação ainda, o fato da produção de cosméticos possuir alto índice de aproveitamento de matéria-prima e gerar pouco resíduo.

No critério Efeitos sociais, as pesquisas foram avaliadas com pontuação 2, pois possuem potencial para gerar emprego e renda para comunidades produtoras de buriti em diversos municípios dos estados da região amazônica. Todavia, existem diversas barreiras tecnológicas, logísticas e humanas, por este motivo é necessários estudos complementares para viabilização da produção dos extratos de resíduos por comunidades e cooperativas locais.

O primeiro critério do ciclo de vida é Produção e Logística, no qual as pesquisas foram avaliadas com pontuação 5. Esta avaliação deve-se principalmente pelas conhecidas dificuldades de produção nos municípios do interior da região amazônica que incluem desafios de fornecimento confiável de energia, água, serviços de comunicação, acesso à insumos de produção, disponibilidade de mão-obra qualificada e precariedade de serviços públicos. No entanto, segundo a decisora, os principais gargalos são as deficiências da logística amazônica que impactam diretamente no custo operacional para escoamento da produção.

Em relação ao critério Consumo, a nota 2 é satisfatória e aponta para um impacto significativo para a experiência de consumo do usuário final ao agregar propriedades

funcionais que contribuem para a eficiência do produto e conseqüente satisfação do consumidor. Todavia, é necessário fazer testes, formulações e protótipos até que os extratos produzidos sejam incorporados a um produto de prateleira.

Na fase de Descarte, as pesquisas científicas tiveram avaliação 1, ou seja, são tidas com desempenho ideal no critério. Essa avaliação deve-se a baixa geração de resíduos no processo de fabricação. O fato da origem dos extratos serem de resíduos agroindustriais não aumenta a toxicidade do produto final, sendo os resíduos gerados ao fim do Consumo os mesmos dos produtos que já fazem parte da linha da empresa avaliadora, e que normalmente são embalagens de plásticos, papel e outros materiais da embalagem.

O critério Cultura foi avaliado com pontuação 3 devido ainda existir no mercado local alguma resistência com produtos cosméticos fabricados na região. Todavia, as pesquisas científicas possuem diversas características que podem potencializar a aceitação dos produtos derivados dos extratos desenvolvidos, tais como: a matéria-prima o fruto buriti é bastante popular; o uso de resíduos agroindustriais do buriti possui apelo sustentável; a possibilidade de fabricar um produto com menos substâncias sintéticas; a produção artesanal; a pesquisa produzida por uma instituição de ensino e pesquisa da região.

No entanto, os fatores de aceitação dos produtos precisam ser incorporados a um composto de *marketing* adequado. A decisora destaca, ainda, a forte aceitação do produto em outras praças nacionais e internacionais, o que evidencia o fator cultural como um ponto positivo dos produtos regionais quando ajustado corretamente ao segmento de mercado escolhido.

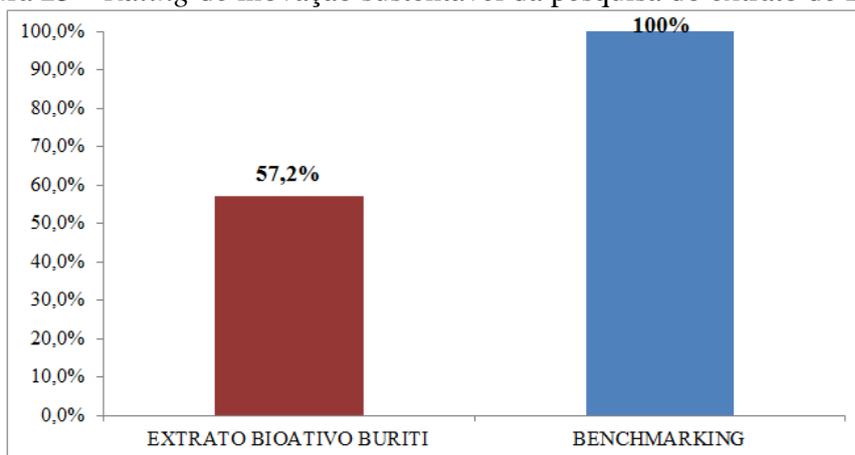
O critério Tecnologia obteve pontuação máxima, pois a comprovação de efeitos funcionais em produtos cosméticos é uma grande vantagem competitiva frente aos inúmeros concorrentes do setor. Os benefícios dos extratos poderiam incluir desde o uso de menos substâncias sintéticas até tecnologias sociais que aumentariam o valor agregado do produto e da sua cadeia produtiva, o que impacta no seu desempenho mercadológico positivamente.

Já o critério Sistema de uso obteve pontuação 2, bem próxima do ideal, já que a adoção dos extratos de resíduos agroindustriais do buriti não impactaria em mudanças significativas nas características físicas dos produtos derivados. Todavia, como seria um produto com propriedades diferentes dos produtos convencionais seria necessário adaptar componentes como design, tamanho, embalagem, rótulos para valorizar a inovação.

- **Índice SIMI-Biotech**

O índice de inovação sustentável calculado para as pesquisas científicas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do buriti é apresentado na Figura 25.

Figura 25 – *Rating* de inovação sustentável da pesquisa do extrato de Buriti.



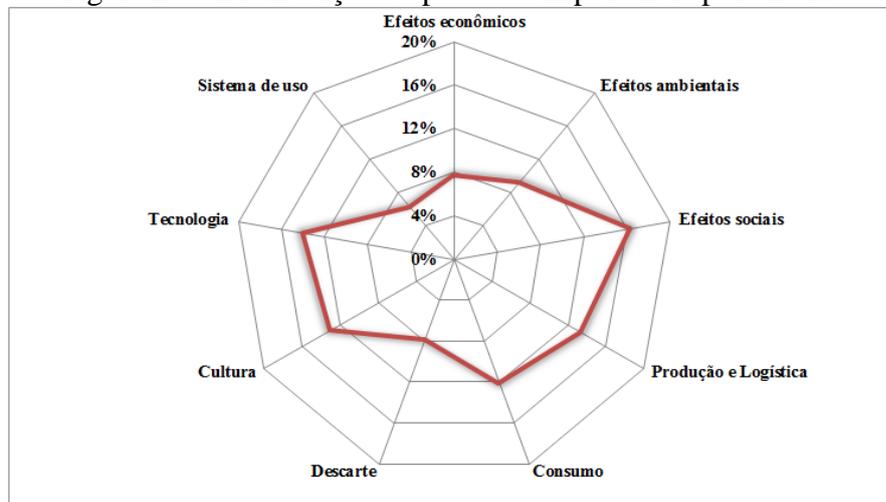
Fonte: O autor.

As pesquisas científicas para a produção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do buriti obtiveram *rating* de 57,2% em relação ao *benchmarking* utilizado pelo decisor, o que pode ser considerado um valor alto, considerando que em apenas 3 critérios a pesquisa obteve pontuação máxima, conforme a seguir.

#### 8.2.5 Discussão dos resultados

A Figura 26 mostra a distribuição de importância por critério para a determinação do potencial inovador sustentável das pesquisas avaliadas. Os critérios Tecnologia, Cultura, Efeitos Sociais e Produção e Logística se destacam como os mais relevantes para o potencial inovador dos extratos. Consultando a Tabela 2, observa-se que dois dos quatro critérios mais importantes – Produção e Logística e Cultura – obtiveram as avaliações mais baixas, 5 e 3 respectivamente.

Figura 26 – Distribuição de pesos de importância por critério.



Fonte: O autor.

Tabela 2 – Peso de importância por critério x Avaliação por critério.

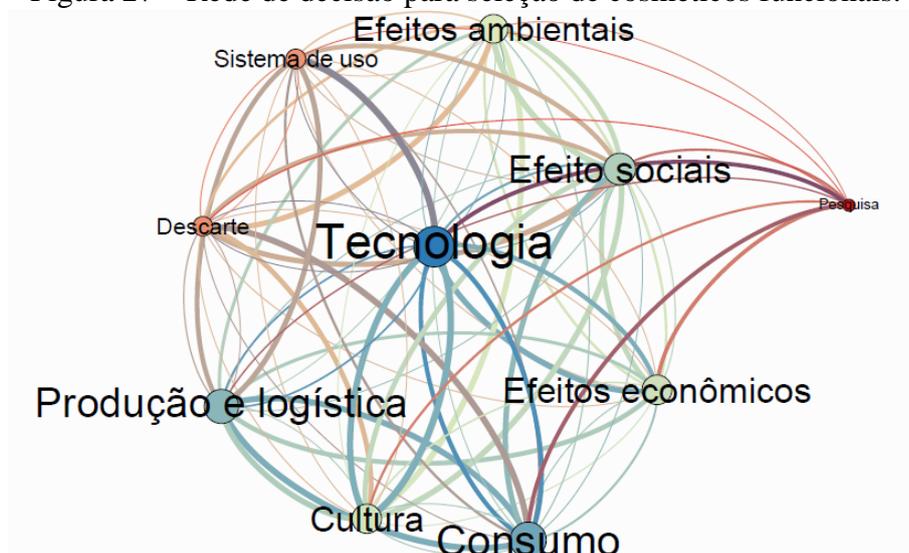
<b>Critério</b>	<b>Importância do critério</b>	<b>Avaliação por critério</b>
Efeitos econômicos	8,7%	2
Efeitos ambientais	8,8%	1
<b>Efeitos sociais</b>	<b>15,8%</b>	<b>2</b>
<b>Produção e Logística</b>	<b>12,9%</b>	<b>5</b>
Consumo	12,7%	2
Descarte	7,8%	1
<b>Cultura</b>	<b>12,8%</b>	<b>3</b>
<b>Tecnologia</b>	<b>14,5%</b>	<b>1</b>
Sistema de uso	6,1%	2

Fonte: O autor.

Nos critérios Efeitos Econômicos, Efeitos Ambientais, Efeitos Sociais, Consumo, Descarte, Tecnologia e Sistema de uso, que concentram 74,4% da importância para o desempenho inovador sustentável, as pesquisas obtiveram pontuação positiva, ou seja, 1 ou 2. Desta forma, o valor do índice SIMI-Biotech evidencia que os gargalos para aplicação das pesquisas no segmento de cosméticos estão concentrados nas áreas de Produção e Logística e Cultura (*Marketing*). Estas áreas concentram 25,6% da importância total e possuem margem significativa de melhoria na opinião da empresa avaliadora.

A Figura 27 mostra a rede de importância entre os critérios na avaliação da decisora. A análise deste gráfico de rede permite determinar a forte interdependência entre alguns critérios. Nota-se que os critérios mais importantes – Tecnologia, Produção e Logística, Cultura e Consumo – possuem significativa interdependência mútua.

Figura 27 – Rede de decisão para seleção de cosméticos funcionais.



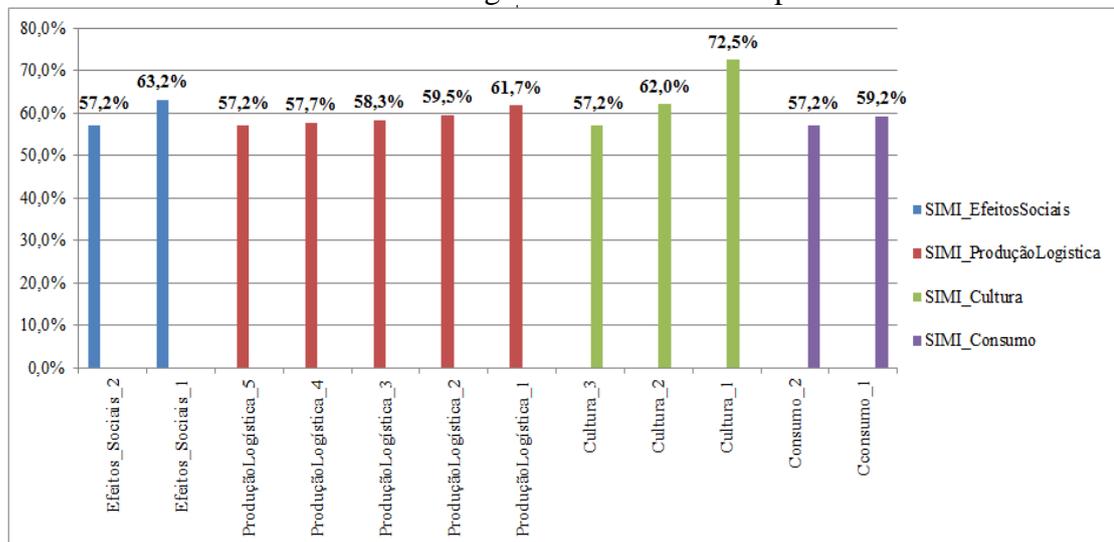
Fonte: O autor.

Este agrupamento de critérios pode ser explicado pelo fato dos principais fatores para seleção de Tecnologias para aplicação em produtos cosméticos estarem associados as necessidades e desejos dos consumidores (critério Consumo). A fase de Consumo é ainda influenciada por questões culturais e mercadológicas, em especial, quando trata-se de produtos com origem de matérias-primas amazônicas, como por exemplo, o buriti. E por fim, o Consumo é significativamente afetado pela qualidade final do produto, obtida através da eficiência dos processos produtivos.

Outro agrupamento significativo mostrado na Figura 27 é formado pelos critérios Sistema de uso, Efeitos sociais, Efeitos ambientais e Descarte. É possível que estes critérios possuam forte interdependência entre eles devido ao caráter socioambiental destes critérios.

A Figura 28 mostra uma simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech caso o desempenho nos principais critérios fossem melhorados individualmente. Nota-se que o critério Cultura possui a maior margem de crescimento (57,2% a 72,5%), seguido do critério Efeitos Sociais (57,2% a 63,2%).

Figura 28 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech da pesquisa do extrato bioativo do resíduo agroindustrial do buriti por critério.



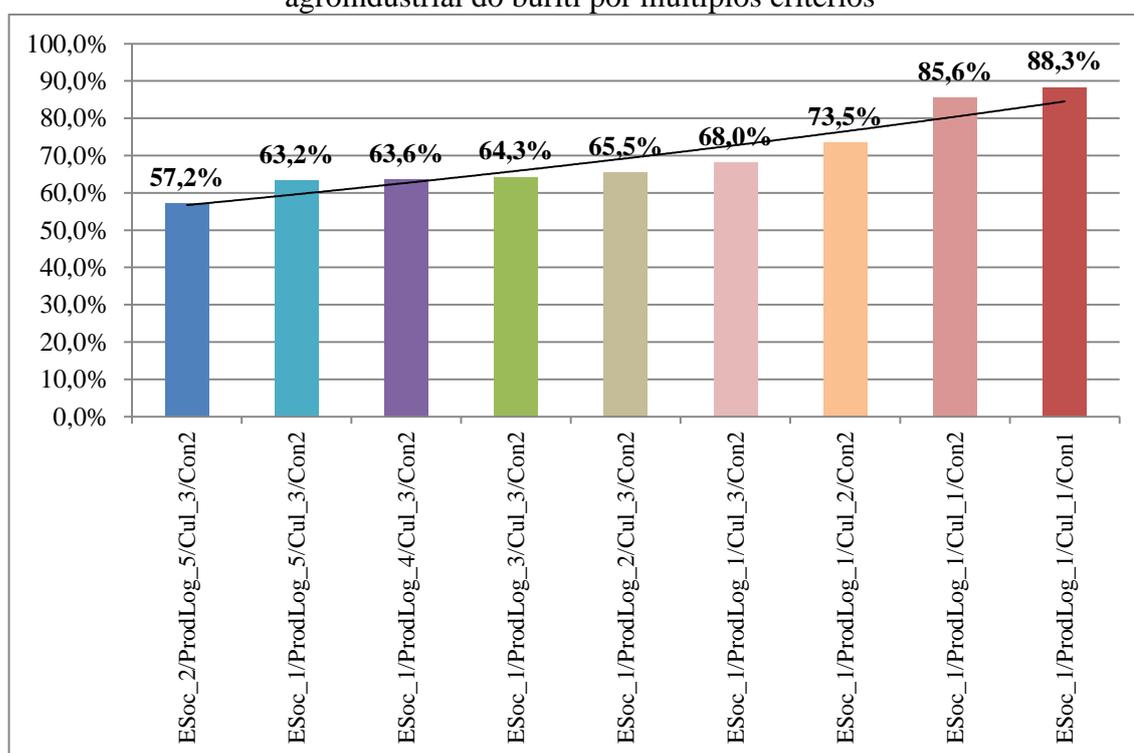
Fonte: O autor.

O gráfico da Figura 28 evidencia que apesar do critério Produção e Logística ser o mais defasado (pontuação 5) e possuir importância significativa (12,9%), os critérios que impactam individualmente de forma mais intensa no potencial inovador sustentável das pesquisas avaliadas são aqueles voltados para aspectos humanos como Efeitos Sociais, Cultura e Consumo. Portanto, o sucesso do produto inovador dependerá de promover estratégias mercadológicas baseadas na valorização da origem amazônica, na

responsabilidade social e na qualidade do produto respaldada por uma boa experiência do usuário ao consumir o produto.

A simulação mostrada na Figura 29 evidencia o potencial crescimento do índice SIMI-Biotech das pesquisas avaliadas quando as pontuações dos critérios são melhoradas conjuntamente. Neste cenário o índice SIMI-Biotech das pesquisas avaliadas pode variar de 57,2% a 88,3%, desde que os critérios Efeitos sociais, Produção e Logística, Cultura e Consumo sejam otimizados. O potencial crescimento do índice SIMI-Biotech evidencia que a melhoria em diversos critérios-chave é necessária para garantir com elevado grau de precisão o sucesso comercial de produtos cosméticos derivados dos extratos de resíduos agroindustriais do buriti.

Figura 29 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech do extrato bioativo do resíduo agroindustrial do buriti por múltiplos critérios



Fonte: O autor.

A análise global dos resultados indica que há margem de melhora na maioria dos critérios. Os critérios Efeitos Econômicos, Efeitos Sociais, Consumo e Sistema de Uso formam um bloco que obteve pontuação 2. Entre outros motivos específicos de cada critério, uma explicação para a não obtenção da pontuação 1, considerada ideal, é a limitação de informações e estudos técnicos de viabilidade sobre os respectivos critérios que permitam a

decisora aferir, com alguma confiabilidade, se o produto derivado da aplicação dos extratos obtidos vai ser mercadologicamente eficiente.

Apenas os critérios Efeitos Ambientais, Descarte e Tecnologia foram apontados com desempenho igual ou superior ao *benchmarking*, este fato deve-se basicamente ao baixo volume de resíduo gerado na produção de cosméticos, em especial, na empresa avaliadora. O critério Tecnologia é afetado pela origem institucional das pesquisas. O fato das pesquisas avaliadas estarem sendo produzidas em uma universidade federal reconhecida positivamente no mercado local é um diferencial competitivo, em termos mercadológicos, tal vantagem os atuais produtos não possuem, e tampouco os concorrentes.

A rede de relacionamento de importância evidencia a existência de dois subgrupos de análise: o primeiro composto por critérios como Tecnologia, Produção e Logística, Consumo, Cultura e Efeitos econômicos; e o segundo formado por Sistema de Uso, Efeitos Ambientais, Descarte e Efeitos Sociais. O primeiro subgrupo possui maior afinidade por terem como objeto de análise as operações de produção e comercialização, visando à obtenção de lucro. Juntos os critérios do primeiro subgrupo concentram 61,6% dos pesos dos critérios, com peso médio de 12,32% por critério.

Já o segundo subgrupo possui como foco comum questões socioambientais e por este motivo a importância mútua é mais forte do que com critérios do primeiro subgrupo. Este segundo subgrupo concentra 38,4% dos pesos de importância para o desempenho inovador sustentável, isto representa um peso médio de 9,6%. Torna-se evidente que a viabilidade técnica e comercial se sobrepõe aos aspectos socioambientais no momento da seleção de inovações para produtos cosméticos. Todavia, essa diferença não é extensa, e no caso específico do resíduo agroindustrial do buriti, os Efeitos sociais é um critério importante e afeta diretamente a Cultura (*Marketing*) e o Consumo (*Experience user*).

As simulações mostram a sensibilidade de resposta do índice SIMI-Biotech quando há variação nas pontuações obtidas nos critérios adotados. Esta análise mostra que os melhores resultados são obtidos com melhorias nos aspectos culturais que são de natureza mercadológica, ou seja, de comunicação com o mercado consumidor. É relevante pontuar o crescimento do índice com a melhoria do critério Efeitos Sociais que, neste caso, contempla tanto o desenvolvimento de produtos cosméticos bem aceitos pelos consumidores finais quanto a promoção de um marketing baseado na melhoria da qualidade de vida das pessoas envolvidas na cadeia produtiva do buriti.

E por fim, o crescimento consistente do potencial inovador sustentável da pesquisa avaliada depende de estudos técnicos voltados para tecnologias produtivas que permitam a

produção dos extratos de resíduos agroindustriais do buriti em localidades produtoras, considerando as restrições de recursos, a demanda por qualidade da indústria cosmética e as dificuldades logísticas inerentes à região amazônica.

Em síntese, as ações sugeridas para o incremento das pesquisas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do buriti com base nos dados obtidos, tanto para atores do segmento quanto pesquisadores, podem ser resumidas da seguinte forma:

- Exploração comercial da origem institucional (UFAM) das pesquisas científicas, como estratégia para aumentar a aceitação cultural;
- Exploração comercial dos benefícios sociais gerados com consumo consciente;
- Elaboração de testes e protótipos de produtos cosméticos a partir da aplicação dos extratos obtidos. Esta estratégia pode ser realizada em parceria com empresas do segmento;
- Construção de uma unidade modelo de beneficiamento dos resíduos agroindustriais do buriti, visando o desenvolvimento de tecnologias produtivas e a atração de investimentos públicos e privados;

### **8.3 Estudo de caso 3: QLuz Eco Energia Ltda.**

A empresa QLuz Eco Energia não atua diretamente com negócios que envolvam biodiversidade ou biotecnologia. No entanto, a empresa possui atuação fortemente ligada à sustentabilidade, uma vez que sua principal atividade é a comercialização de produtos para construção de sistemas de aproveitamento de energia solar, tanto em escala industrial quanto residencial.

Este estudo de caso difere significativamente do anterior, pois o objetivo da empresa participante é avaliar a viabilidade técnica da diversificação dos seus negócios, ou seja, avaliar o potencial de mercado das pesquisas biotecnológicas voltadas para o segmento de alimentos, para posteriormente investir na criação de um novo negócio.

#### *8.3.1 Setor de atuação*

A energia solar é proveniente da radiação solar e pode ser aproveitada basicamente por dois tipos de processos: o térmico e o fotovoltaico. A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores (KEMERICH et al., 2016). A empresa QLuz Eco Energia possui atuação

voltada para o comércio varejista de projetos de iluminação e geração de energia pelo processo fotovoltaico, entre outros componentes elétricos.

Segundo o BNDES (2013) a energia solar está no centro das discussões e definições de política energética de diversos países desenvolvidos e emergentes. Entre as vantagens da adoção desta tecnologia estão: a redução do uso de combustíveis fósseis, redução de emissões de gases de efeito estufa, geração de empregos qualificados, desenvolvimento tecnológico e criação de valor, vetores da sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Kemerich et al. (2016) destacam o baixo aproveitamento da energia solar no território brasileiro, sendo necessário investimentos e financiamentos por parte do governo, principalmente, para difundir tal tecnologia. Tal fonte de energia, pode ser a solução para acesso à energia elétrica em regiões isoladas, em especial, em estados como o Amazonas.

### 8.3.2 A empresa QLuz Eco Energia Ltda.

A QLuz Eco Energia foi fundada em 2009 pelo empresário e professor na Universidade Federal do Amazonas, Roberto Bacellar Alves Lavor. A missão da QLuz é satisfazer as necessidades de empresas e consumidores finais através da oferta de produtos inovadores, de qualidade e com elevada eficiência energética. A proposta de valor da empresa está centrada na necessidade de buscar alternativas mais limpas para a geração e consumo de energia. Os clientes da QLuz buscam produtos que proporcionem maior economia financeira e menor impacto ambiental.

A empresa está situada na cidade de Manaus em um espaço que conta com escritório, setor administrativo, loja com expositores dos produtos e estoque de mercadorias. Os principais produtos são lâmpadas eletrônicas, lâmpadas LED, geradores de energia, painéis fotovoltaicos, luminárias, entre vários outros.

Figura 30 – Sede da empresa QLuz Eco Energia.



Fonte: site QLuz.

Os principais processos operacionais são aquisição de mercadoria, estoque e venda direta para o consumidor final. Para realizar essas atividades a Qluz conta com 08 funcionários. A empresa divulga seus produtos através do seu site<sup>19</sup> e em eventos do segmento no Amazonas.

O interesse da Qluz em pesquisas biotecnológicas se justifica pelo desejo da empresa e de seu proprietário em diversificar os ramos de negócios em que a empresa atua. Na visão do proprietário da empresa, pesquisas que permitam o uso da biodiversidade amazônica tem grande potencial de se tornarem produtos com um nicho de mercado significativo nos próximos anos devido a diversos fatores como: o valor da marca Amazônia, a valorização da origem, o aumento da exigência dos consumidores por sustentabilidade dos produtos e o crescimento do conhecimento sobre os recursos naturais amazônicos.

Neste contexto, empresas de diversos segmentos, tal como a Qluz, tornam-se potenciais investidores em pesquisas que permitam o desenvolvimento de produtos inovadores a partir da biodiversidade amazônica, o que justifica o uso da ferramenta SIMI-Biotech para avaliação do potencial inovador sustentável destas pesquisas.

### 8.3.3 A pesquisa avaliada: Extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí (*Euterpe Oleracea* e *Euterpe Precatoria*)

A pesquisa em avaliação é na verdade um conjunto de pesquisas desenvolvidas em colaboração entre diversos departamentos, programas de pós-graduação e grupos de pesquisas da Universidade Federal do Amazonas e instituições parceiras como Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Universidade do Estado do Amazonas (UEA), entre outras. Ao longo dos anos, os conhecimentos acumulados sobre as características bioquímicas do açaí e seus resíduos agroindustriais, obtidos através destas pesquisas, permitiram a obtenção de diversos extratos bioativos cujas propriedades podem ser de interesse para diversos setores industriais.

O gênero *Euterpe* possui cerca de 28 espécies distribuídas por toda bacia Amazônica. Sendo as espécies *E. precatoria* e *E. oleracea*, as únicas exploradas comercialmente. A espécie *E. precatoria* é nativa do estado do Amazonas, sendo encontrada na bacia do Solimões, em terrenos de terra firme e área de baixio. Já a espécie *E. oleracea* é conhecida popularmente como “açaí do Pará”, sendo encontrada, principalmente, em terrenos de várzea e igapó (PEREIRA, 2015).

---

<sup>19</sup> Endereço do Site da Qluz: < <http://qluzenergia.com.br/site/>>.

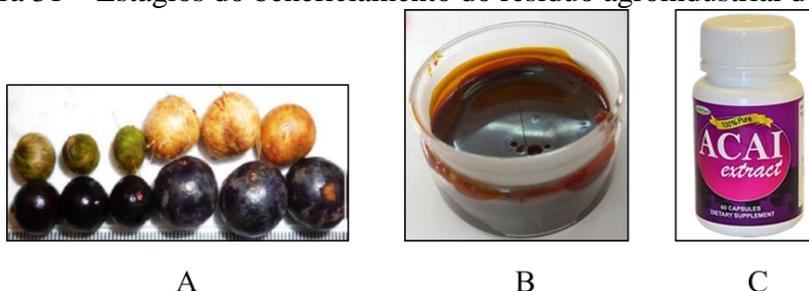
Na Amazônia brasileira o fruto é usado principalmente na obtenção da bebida açaí, um refresco de consistência pastosa, obtido por extração mecânica, em máquinas despulpadoras ou manualmente. Além da forma tradicional de consumo, a polpa do açaí também é utilizada na produção industrial ou artesanal de sorvetes, geleias e licores, entre outras formas mais recentes como o pó (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

A extração da polpa do açaí gera uma grande quantidade de resíduos, pois cerca de 73% do fruto é composto pelo caroço. Nos últimos anos a demanda por consumo do açaí vem crescendo na região amazônica e a nível nacional, aumentando a pressão por uma destinação mais adequada do resíduo tanto econômica quanto ambientalmente. A ausência de uma destinação correta para o resíduo do açaí leva ao depósito de caroços nas ruas e nos lixões das localidades produtoras, inclusive capitais (LIMA *et al.*, 2015; MARANHO e PAIVA, 2011).

Neste contexto, pesquisas científicas realizadas na Universidade Federal do Amazonas têm como objetivo obter extratos de resíduos agroindustriais de frutos amazônicos, entre eles o açaí, com o objetivo de identificar nesses extratos características de interesse para diversos segmentos de indústria (PEREIRA, 2015; YAMAGUCHI, 2015; SOUZA, 2014).

Essas pesquisas são uma oportunidade empresarial relevante uma vez que a produção de açaí no Brasil em 2013 foi de 202.216 toneladas, sendo os estados do Amazonas e do Pará responsáveis por mais de 90% deste total (SEBRAE, 2015). No entanto, boa parte desse volume é transformada em resíduo, cuja principal destinação alternativa é a fabricação de artesanato, mas devido ao volume apenas esta solução não é viável para resolver este problema da cadeia de beneficiamento do açaí.

Figura 31 – Estágios do beneficiamento do resíduo agroindustrial do açaí.



Legenda: A) frutos e sementes de açaí. B) Extrato resíduo de semente de açaí. C) produto comercial a base de açaí.

Fonte: A) Lamarão (2015); B) Veiga Jr. (2016); C) Site Farmacia de plantas (2017)<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Endereço: <<http://www.farmaciadepplantas.com/portugues/extrato-de-acai-em-comprimidos.php>>. Consulta em 30/03/2017.

A Figura 31 ilustra como a produção de extratos pode ser uma destinação mais sustentável para os resíduos agroindustriais. Das sementes são produzidos os extratos, cuja formulação depende da indústria em que será aplicado bem como dos efeitos desejados no produto final (3.C).

#### *8.3.4 Aplicação do índice SIMI-Biotech*

O grupo de pesquisas científicas realizadas para obtenção de extratos bioativos a partir de resíduos agroindustriais do açaí foi avaliado utilizando o índice SIMI com a participação da empresa Qluz Eco Energia na função de avaliadora, na pessoa do proprietário Prof. Msc. Roberto Bacellar Alves Lavor. As justificativas para os julgamentos são apresentadas a seguir.

- **Efeitos econômicos**

Na visão do decisor, os resultados econômicos obtidos com o desenvolvimento de produtos alimentícios com a aplicação de extratos de resíduos agroindustriais do açaí são muito mais afetados pelos Efeitos sociais do que pelos Efeitos ambientais, tal fato é explicado pelo baixo grau de importância que os consumidores do mercado local atribuem aos potenciais problemas ambientais que os produtos geram ao longo do ciclo de vida. No entanto, o decisor ressalta que há uma tendência de mudança nesse cenário, e nos próximos anos a questão ambiental deve influenciar mais significativamente o padrão de comportamento do consumidor.

Na análise do ciclo de vida do produto, os Efeitos econômicos são mais sensíveis às operações produtivas e às demandas da fase de consumo do que pelas exigências socioambientais da fase de Descarte. A forte importância do critério Produção e Logística deve-se basicamente a dificuldade de abastecimento de insumos amazônicos devido à escassez de cultivo de espécies regionais como o açaí, o que aumenta o risco do investimento. Já a fase de Consumo é determinante para que o produto tenha demanda suficiente para gerar receitas significativas.

Em relação às variáveis de mercado, o avaliador pontuou como majoritariamente mais relevante para os Efeitos Econômicos o critério Sistema de uso, devido os clientes do segmento de alimentos serem fortemente influenciados por fatores como embalagens, rótulos, apresentação do produto e componentes facilitadores do consumo.

- **Efeitos ambientais**

Na análise da sustentabilidade de um produto alimentício, o decisor pontuou que o desempenho ambiental está mais associado ao desempenho econômico da inovação do que ao

desempenho social, uma vez que há uma baixa valorização da responsabilidade social por parte dos consumidores. Neste contexto, produtos mais lucrativos tendem a receber mais investimentos do que produtos com mais responsabilidade social.

Já em relação ao ciclo de vida, o decisor apontou que o desempenho ambiental é mais fortemente afetado pela Produção e Logística do que pelos demais critérios em se tratando de inovações para o setor de alimentos. Tal afirmação está baseada na visão de que no processo produtivo é possível projetar soluções que minimizem os Efeitos ambientais nas fases de Consumo e Descarte.

Na análise do mercado, o avaliador avaliou que o desempenho ambiental depende mais das características do Sistema de uso do produto, ou seja, alimentos cujo consumo gere menos resíduos ou resíduos menos agressivos ao meio ambiente impactam mais significativamente neste critério. O segundo critério mais bem pontuado é o fator Tecnologia, o que significa que para o *marketing* é necessário para que os benefícios promovidos pelas inovações estejam em consonância com as demandas ambientais desejadas pelos consumidores.

- **Efeitos sociais**

Os Efeitos sociais são mais afetados pelos impactos econômicos do que pelos impactos ambientais, principalmente pela baixa importância atribuída pelos consumidores para questões ambientais. Outra explicação apontada pelo decisor, é que uma economia eficiente contribui para melhores condições de trabalho e para produtos de melhor qualidade.

No ciclo de vida, o decisor considera o Consumo como a etapa majoritariamente mais relevante para o desempenho social, pois o bem-estar humano mais importante para o negócio é o percebido pelo consumidor final. Na avaliação mercadológica, os critérios Sistema de uso e Tecnologia concentram a maior parte da importância para o bem-estar humano e social gerado pelo produto. Para aceitação do produto, a experiência positiva do usuário é o fator determinante, e neste contexto, a usabilidade e os benefícios percebidos são os principais fatores críticos de sucesso.

- **Produção e Logística**

A fase de Produção e Logística no setor de alimentos é mais afetada pelos impactos econômicos e sociais gerados, do que pelo desempenho ambiental da mesma. Esta avaliação, novamente, baseia-se na premissa de que há uma baixa importância cultural as questões ambientais, embora haja uma tendência de mudança desse contexto. Os Efeitos econômicos positivos podem contribuir para melhorias no processo produtivo, bem como os Efeitos

sociais tendem a ser considerados mais significativamente na produção à medida que afetam o desempenho mercadológico do produto.

Nas variáveis mercadológicas, a fase de Produção e Logística de uma inovação é mais afetada pelas características da Tecnologia empregada no produto e pelas características do Sistema de uso escolhido. Esses dois critérios definem as necessidades, design e restrições dos processos operacionais executados para colocar um produto no mercado.

Em relação às demais fase do ciclo de vida, a Produção e Logística é amplamente mais dependente da fase de Consumo do que a fase de Descarte devido a prioridade do mercado consumidor está mais focada na qualidade do produto nas funções primárias e secundárias do que nas externalidades ambientais e sociais geradas no final da vida do produto.

- **Consumo**

Em relação aos aspectos da sustentabilidade, o consumo é majoritariamente mais afetado pelo desempenho econômico do que pelos demais critérios. Este fato, segundo o decisor, é explicado pelo nível de educação do mercado consumidor que encontra-se em um processo de desenvolvimento de uma percepção mais crítica a cerca da necessidade de considerar os efeitos ambientais e sociais do consumo.

No que tange às demais etapas do processo produtivo, o Consumo é extremamente mais afetado pelo critério Produção e Logística do que pelo Descarte, pois na visão do decisor a eficiência produtiva contribui mais significativamente para a qualidade e aceitação do produto. Na análise mercadológica, o Consumo é afetado principalmente pelos critérios Tecnologia e Sistema de uso, o que evidencia o perfil pragmático do mercado de alimentos. Neste contexto, a decisão de compra está diretamente ligada ao atendimento das necessidades do cliente, ou seja, o desenvolvimento adequado do produto é o processo crucial para o sucesso da inovação.

- **Descarte**

Na visão do decisor, o critério Descarte é mais afetado pelo desempenho econômico devido ao entendimento do empresariado que os Efeitos ambientais e sociais gerados ao fim do ciclo de vida do produto devem ser contabilizados como custos que precisam ser superados pelo resultado econômico gerado com a comercialização do produto para viabilizar a inovação.

Já em relação ao ciclo de vida, o decisor apontou como o principal critério para a eficiência do Descarte a fase de Consumo, baseando-se no fato que o consumidor é protagonista na destinação correta do produto ao fim da sua vida útil. Em relação ao mercado consumidor, o Descarte é majoritariamente afetado pelos critérios Tecnologia e Sistema de

uso, ou seja, o consumidor quando considera o Descarte uma variável importante para compra analisa, principalmente, os benefícios ambientais que o produto gera e como o uso do produto reduz desperdícios e resíduos.

- **Cultura**

No que refere-se à sustentabilidade, o fator cultural está mais associado ao critério econômico seguido pelo fator social. Este contexto se deve pela aceitação do produto está associada à aspectos como preço, rendimento e economicidade. Já aspectos sociais como origem local e bem-estar humano são tidos como diferenciais secundários no segmento de alimentos.

O critério Cultura é mais majoritariamente afetado pela etapa de Consumo no ciclo de vida de produtos alimentícios, na avaliação do decisor. Esta afirmação é fundamentada na percepção que a experiência no consumo é afetada diretamente pela aceitação cultural do produto. Em relação aos demais fatores de mercado, a Cultura é levemente mais afetada pelo Sistema de uso em comparação a Tecnologia, devido a tendência dos consumidores buscarem, além dos benefícios presentes nos alimentos, produtos com recursos facilitadores do consumo, possivelmente motivados pela grande variedade de oferta.

- **Tecnologia**

Em relação à sustentabilidade, a Tecnologia é mais afetada pelo critério Efeitos econômicos, já que tanto a decisão de investimento por parte dos agentes econômicos quanto a decisão de compra por parte do consumidor estão associados aos potenciais benefícios da tecnologia empregada no produto.

Na análise do ciclo de vida, a Tecnologia é extremamente mais afetada pela eficiência dos critérios Produção e Logística e Consumo. As condições de Produção e Logística precisam ser adequadas para a aplicação da tecnologia desenvolvida em produtos e processos, caso contrário, as pesquisas podem ser descartadas antes de chegar ao mercado. Já o Consumo atua como regulador das características do produto, podendo direcionar o uso e adequação da tecnologia as necessidades do consumidor.

Com relação as demais variáveis de mercado, a Tecnologia é mais influenciada pelo critério Sistema de uso do que Cultura. Este fato deve-se a percepção do decisor que ações de divulgação que promovam a usabilidade do produto podem superar possíveis restrições culturais para aceitação do produto.

- **Sistema de uso**

Em relação à sustentabilidade, o critério Sistema de uso é mais influenciado pelo impacto econômico do que pelos efeitos socioambientais. Este fato implica que inovações na

usabilidade dos produtos não podem impactar excessivamente em custos operacionais ou preços dos produtos finais, caso contrário, há uma tendência de não aceitação dos produtos.

Em relação as fases do ciclo de vida, o Sistema de uso é majoritariamente afetado pelas características desejadas na fase de Consumo e Descarte. Esta avaliação, portanto, coloca o consumidor como o elemento principal para escolha e aprimoramento das formas e condições do consumo do produto. Os resíduos gerados pelo produto são elementos que em alguns nichos também são considerados como relevantes para escolha do consumidor.

Com relação aos demais critérios do mercado, o Sistema de uso é mais dependente dos benefícios da Tecnologia empregada do que em relação ao fator cultural. Isso implica que inovações que tragam benefícios perceptíveis ao consumidor podem superar a preferência por um padrão na forma de consumir, caso haja um sentimento de mais valia.

- **Inovações no setor de alimentos**

Na avaliação do decisor, dentre os critérios da sustentabilidade, os resultados econômicos esperados com uma inovação concentram a maior parte da importância para o sucesso da mesma. Entretanto, há uma mudança em curso no perfil tanto de investidores quanto do mercado consumidor de alimentos, no sentido de valorizar aspectos socioambientais dos produtos a ponto de modificar o comportamento de compra.

Na análise do ciclo de vida, o decisor pontuou a etapa de Consumo como majoritária para o sucesso da inovação no setor de alimentos, isto implica que a experiência do usuário é o ponto central para aceitação do produto. O critério Produção e Logística possui importância significativa, pois é necessário garantir a qualidade do produto para o atendimento das demandas dos consumidores. Devido a questões culturais o Descarte é uma fase pouco valorizada, na opinião do decisor.

Já do ponto de vista de mercado, o decisor avalia como o principal gargalo para o setor de alimentos derivados da biodiversidade amazônica o critério Cultura, por este motivo concentra a maior parcela de importância para a performance na área de marketing. Em seguida, com importância significativa está o critério Sistema de uso que, segundo o decisor, é uma falha comum nos produtos regionais que não desenvolvem adequadamente a apresentação dos produtos.

- **Desempenho das pesquisas avaliadas nos critérios utilizados**

O grupo de pesquisas científicas que permitiram a síntese de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí teve seu potencial estimado em cada um dos critérios do método SIMI-Biotech. No critério Efeitos econômicos, as pesquisas avaliada obtiveram pontuação 2, próxima do ideal, devido a percepção do decisor de que há forte possibilidade de

aceitação do extrato na indústria alimentícia. Todavia, há ausência de informações precisas sobre custos e investimentos necessários na cadeia para beneficiamento dos resíduos agroindustriais do açaí, não permitindo precisar se as pesquisas possuem potencial econômico igual ou superior aos extratos presentes no mercado.

Em relação ao critério Efeitos ambientais as pesquisas obtiveram julgamento da ordem de 2, ou seja, o impacto ambiental não é considerado ideal devido o processo de beneficiamento dos resíduos agroindustriais produzirem novos resíduos, o qual precisam de uma destinação adequada.

No critério Efeitos sociais as pesquisas obtiveram julgamento de valor 2 devido aos potenciais impactos positivos junto as comunidades produtoras de açaí, bem como pela possibilidade de geração de renda e emprego através da extensão e agregação de valor da cadeia produtiva de beneficiamento do açaí. Todavia, é necessária a realização de estudos para definição de quais localidades seriam preferenciais para aplicação das pesquisas avaliadas, bem como para determinar quais os efeitos sociais são gerados para diferentes níveis de produção.

No primeiro critério da análise do ciclo de vida, Produção e Logística, a pontuação das pesquisas foi 4, o que significa que há uma margem significativa de melhoria para ser considerada promissora neste critério. Este fato deve-se ao pouco esclarecimento, a cerca das necessidades de pessoas, máquinas, instalações e demais recursos produtivos para inferir sob que condições é viável a produção tecnicamente.

Na etapa de Consumo, as pesquisas obtiveram pontuação 3, isto representa que há a necessidade de testes em produtos finais dos extratos obtidos, a fim de atestar as propriedades de interesses identificadas nos estudos para síntese dos extratos e ajustá-las às tendências de preferências dos consumidores. Já na etapa de Descarte, o julgamento das pesquisas foi significativamente baixo com pontuação 6, devido o próprio beneficiamento dos resíduos agroindustriais do açaí produzirem novos resíduos, cujo volume e melhor destinação não estão definidas.

Na análise mercadológica, o critério Cultura obteve pontuação 2, o que evidencia a confiança do decisor que, mesmo com as dificuldades para aceitação de produtos amazônicos no mercado regional, há boas possibilidades de promover a aceitação através do uso de um composto de marketing ajustado para as características dos produtos derivados dos extratos.

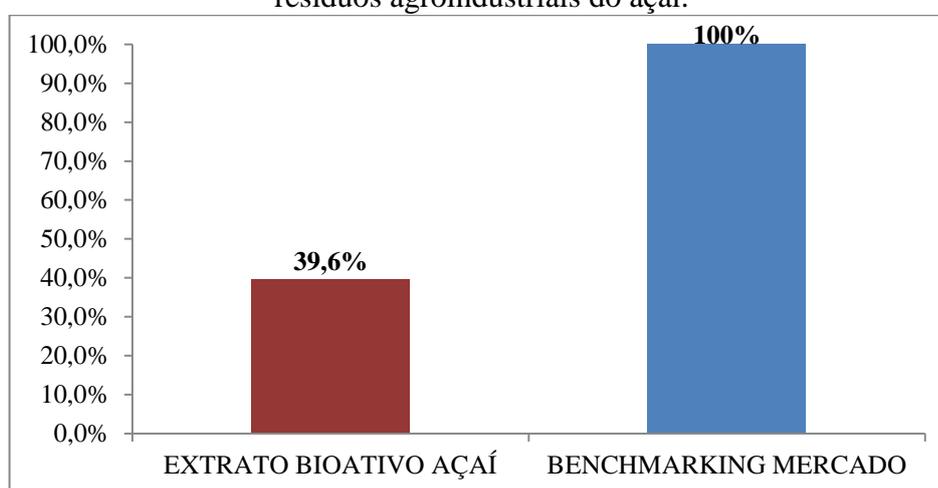
No que tange ao critério Tecnologia, a avaliação foi positiva com pontuação 2, o que reflete a percepção do decisor de que os benefícios causados pelas substâncias presentes nos extratos podem se tornar diferenciais competitivos em relação aos produtos concorrentes.

Todavia, há a necessidade de comprovação destes potenciais benefícios por laboratórios, visando aumentar a credibilidade junto ao mercado consumidor escolhido.

No critério Sistema de uso, as pesquisas obtiveram pontuação 3, reforçando a necessidade de testes de aplicação dos extratos obtidos em produtos finais para que possa ocorrer os ajustes necessários na usabilidade, comunicação e embalagens dos novos produtos obtidos.

Todos os julgamentos realizados permitiram a síntese do índice de inovação sustentável das pesquisas científicas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí, conforme apresentado na Figura 32.

Figura 32 – *Rating* de inovação sustentável das pesquisas de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí.



Fonte: O autor.

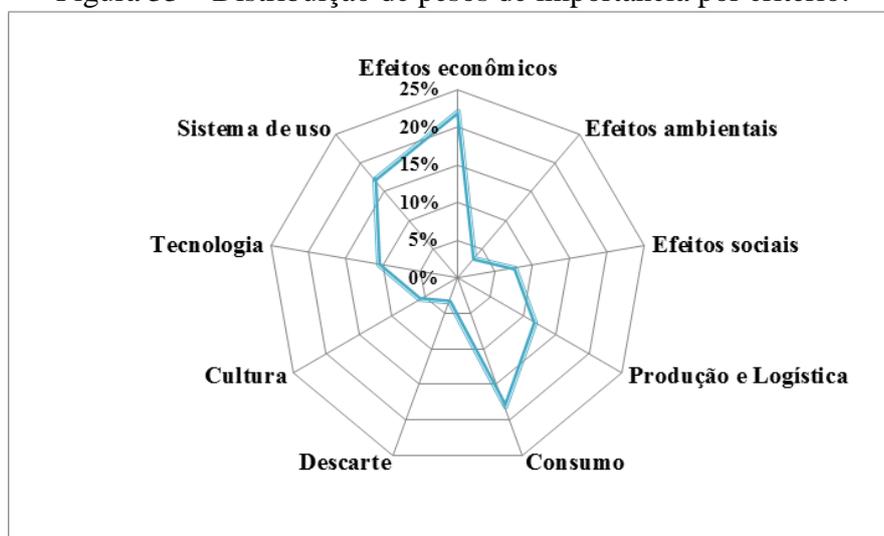
As pesquisas para obtenção de extratos bioativos a partir dos resíduos agroindustriais do açaí para aplicação no setor de alimentos obtiveram *rating* de 39,6% em relação ao *benchmarking* utilizado pelo decisor. A pontuação significa que as pesquisas avaliadas necessitam de ajustes em todos os critérios para que o seu potencial de inovação e sustentabilidade esteja adequado para o aporte de investimento. O índice SIMI-Biotech não questiona o mérito acadêmico ou a qualidade das pesquisas, no entanto, evidencia que para fins empresariais é necessário adequar os resultados obtidos às oportunidades de mercado e às condições incertas de produção e distribuição na região amazônica.

### 8.3.5 Discussão dos resultados

A Figura 33 mostra que os critérios Efeitos Econômicos, Consumo, Sistema de Uso e Produção e Logística foram aqueles que concentraram o maior grau de importância na

avaliação do decisor. A escolha desses critérios demonstra uma forte orientação para o atendimento das necessidades e desejos dos consumidores de um nicho específico exigente quanto à qualidade e com poder aquisitivo significativo.

Figura 33 – Distribuição de pesos de importância por critério.



Fonte: O autor.

A Tabela 3 detalha o desempenho das pesquisas avaliadas nos diversos critérios. Destacam-se alguns pontos como o fato de nenhum critério ter obtido pontuação máxima, igual a 1. Os critérios que obtiveram pontuação 2, na sua maioria, não obtiveram pontuação 1 devido a ausência de informações para estimar melhor seu desempenho ao longo da cadeia produtiva. Três dos critérios mais importantes, a saber, Produção e Logística, Consumo e Sistema de uso, obtiveram as notas mais inferiores da avaliação, perdendo apenas para o Descarte que possui apenas 3% de importância.

Tabela 3 – Peso de importância por critério x Avaliação por critério.

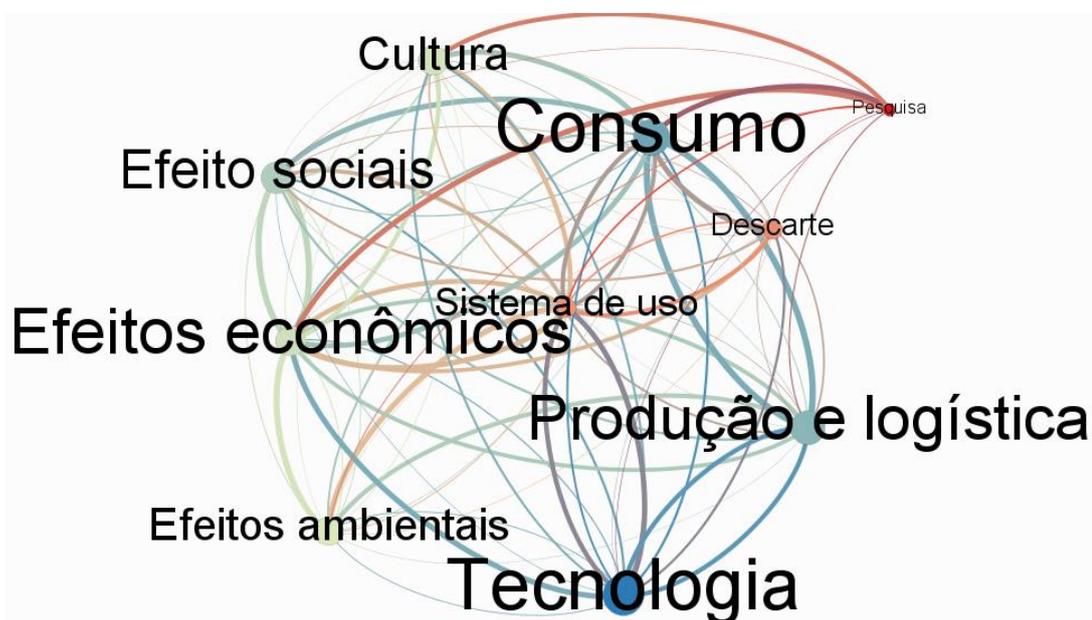
<b>Critério</b>	<b>Importância do critério</b>	<b>Avaliação por critério</b>
<b>Efeitos econômicos</b>	<b>22%</b>	<b>2</b>
Efeitos ambientais	3%	2
Efeitos sociais	8%	2
<b>Produção e Logística</b>	<b>12%</b>	<b>4</b>
<b>Consumo</b>	<b>18%</b>	<b>3</b>
Descarte	3%	6
Cultura	6%	2
Tecnologia	11%	2
<b>Sistema de uso</b>	<b>17%</b>	<b>3</b>

Fonte: O autor.

A Figura 34 mostra a rede de importância entre os critérios na avaliação do decisor. Novamente, os critérios com maior peso de importância são os já citados Produção e Logística, Consumo, Efeitos Econômicos, além do critério Tecnologia. No entanto, o critério Sistema de uso é o critério que possui maior grau de influência sob os demais critérios, e, portanto, sob a rede. Nota-se, ainda, uma forte interdependência entre os critérios Produção e Logística, Tecnologia e Consumo, possivelmente devido a necessidade da inovação tanto ser operacionalmente viável de chegar ao mercado quanto de gerar uma experiência de consumo ao usuário final.

Efeitos econômicos, Efeitos sociais e Consumo formam outro subgrupo de critérios com inter-relações importantes para o desempenho das pesquisas avaliadas. Este fato deve-se a percepção do decisor de que os resultados econômicos obtidos, tais como lucro e retorno sobre o investimento, refletem a capacidade de gerar bem-estar humano no consumidor, em especial, na fase de consumo. Tal análise reforça a importância da qualidade e da satisfação do usuário para o sucesso da inovação.

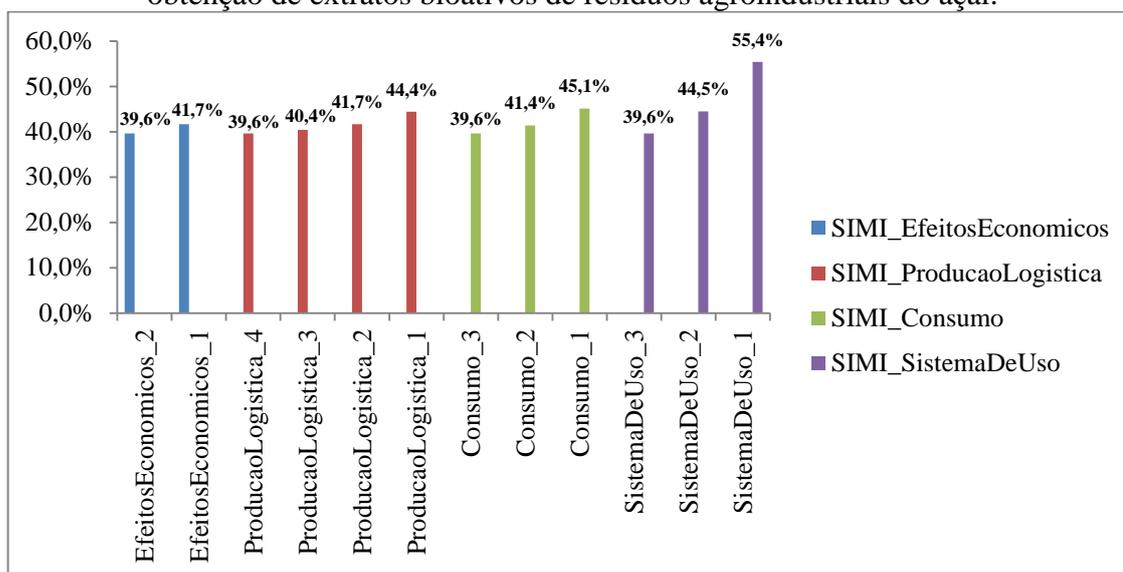
Figura 34 – Rede de decisão para seleção de produtos naturais.



Fonte: O autor.

A Figura 35 mostra uma simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech caso o desempenho nos principais critérios fossem melhorados individualmente. Nota-se que o critério Sistema de uso possui a maior margem de crescimento e o maior crescimento no caso de uma evolução inicial.

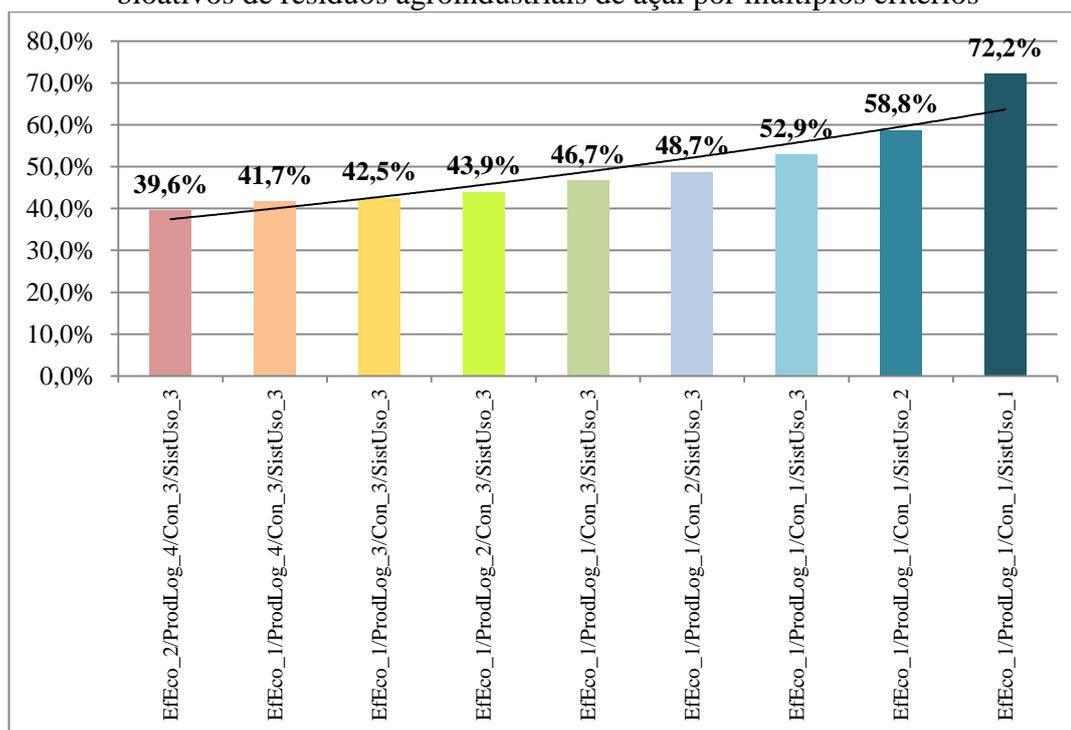
Figura 35 – Simulação por critério do crescimento do índice SIMI-Biotech das pesquisas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais do açaí.



Fonte: O autor.

A Figura 35 evidencia que melhorar as pesquisas avaliadas em único critério tem efeito limitado sobre o potencial inovador sustentável global. Os critérios Produção e Logística, Efeitos Econômicos e Consumo quando otimizados geram um índice SIMI-Biotech entre 41,7% e 45,1%, ou seja, um acréscimo de apenas 13% em relação ao potencial medido.

Figura 36 – Simulação do crescimento do índice SIMI-Biotech das pesquisas de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí por múltiplos critérios



Fonte: O autor.

A Figura 36 é uma simulação da evolução do índice SIMI-Biotech no caso de uma melhoria nas avaliações das pesquisas em múltiplos critérios simultaneamente. Os critérios mais importantes e com as menores avaliações quando otimizados geram um índice SIMI-Biotech de no máximo 72,2%. Essa simulação evidencia que além dos quatro critérios maximizados ainda há margem de melhora importante considerando as deficiências apresentadas nos demais critérios. O crescimento mais consistente é obtido com a combinação de melhorias nos critérios Consumo e Sistema de uso.

É importante ressaltar que o decisor avaliou as pesquisas considerando o potencial inovador de utilizar os resultados das pesquisas para desenvolver um negócio baseado na produção e distribuição de extratos bioativos para outros setores industriais, em especial, o setor de alimentos. Neste cenário, os extratos seriam utilizados na formulação de alimentos funcionais, tais como suplementos e bebidas.

O *rating* obtido pelas pesquisas não descarta a possibilidade das mesmas tornarem-se uma inovação bem sucedida, porém demonstra que há diversos aspectos que precisam ser observados por pesquisadores e investidores para que os produtos derivados dos resultados das pesquisas logrem êxito no mercado. Na avaliação do decisor, todos os critérios do ciclo de vida apresentam deficiências que podem prejudicar a viabilidade técnica e econômica para produção e distribuição de produtos a partir dos extratos obtidos.

Este fato sugere que as pesquisas que levaram a obtenção dos extratos de resíduos agroindustriais do açaí ainda apresentam baixo nível de preocupação com a engenharia do processo para a produção em grande escala e com a experiência do usuário, elemento fundamental para áreas como Marketing e Qualidade. Todavia, a natureza acadêmica das pesquisas universitárias implica na necessidade de articular junto ao setor produtivo parcerias para que tais deficiências sejam previamente detectadas e sejam temas de novas pesquisas ou de interações empresa-universidade ou pesquisador-empresa.

Na avaliação da sustentabilidade, os Efeitos econômicos concentram boa parte da importância em relação aos aspectos ambientais e sociais, este fato está fundamentado nas características culturais do mercado consumidor regional. Todavia, o acesso à educação está aumentando gradualmente a importância atribuída pelos consumidores aos impactos ambientais e sociais gerados ao longo do ciclo de vida dos produtos.

Na dimensão mercadológica, Tecnologia e Sistema de uso concentram quase a totalidade da importância para o potencial inovador sustentável das pesquisas o que reforça o papel estratégico da etapa de desenvolvimento do produto para a aceitação no mercado consumidor. Portanto, é pertinente considerar desde o momento da concepção das pesquisas

quais características são potencialmente mais interessantes para as demandas do mercado consumidor, no entanto, isto exige uma troca permanente de informações entre empresas e pesquisadores.

As principais sugestões para o aumento do potencial inovador sustentável das pesquisas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí estão focadas nos critérios relacionados ao ciclo de vida e à concepção dos produtos finais. Apesar das pesquisas terem sido avaliadas em um cenário no qual seriam aplicadas em um negócio que faz parte de uma cadeia produtiva maior, o sucesso da inovação depende da aceitação do produto final. Por este motivo segue as sugestões de melhoria abaixo:

- Construção de uma unidade modelo de beneficiamento dos resíduos agroindustriais do açaí, visando o desenvolvimento de tecnologias produtivas e a atração de investimentos públicos e privados;
- Realização de estudo de viabilidade econômica para estimar de forma mais precisa os custos de implementação de uma unidade de beneficiamento, bem como estimar o potencial mercado de empresas interessadas nos extratos obtidos;
- Realização de estudo de mercado para definir localidades preferenciais para a instalação de unidades de beneficiamento do resíduo agroindustrial de açaí;
- Mapeamento das principais características desejadas pelos consumidores nos produtos em que os extratos obtidos podem ser aplicados. Neste caso é recomendável uma aproximação entre academia e setor produtivo;
- Elaboração de testes e protótipos de produtos alimentícios finais a partir da aplicação dos extratos obtidos. Esta estratégia pode ser realizada em parceria com empresas do segmento;

#### **8.4 Análise e discussão da aplicação do índice SIMI-Biotech**

Nesta subseção são discutidos os principais resultados obtidos nos estudos de casos, visando analisar a viabilidade da ferramenta SIMI-Biotech, bem como identificar os principais benefícios gerados e as suas limitações. A busca de evidências visa, com base nos resultados obtidos, validar ou refutar a hipótese central desta pesquisa.

##### *8.4.1 Critérios para avaliação de índices e indicadores*

Nesta pesquisa os critérios utilizados para validar o índice SIMI-Biotech foram apresentados na seção 4, que trata de índices e indicadores de inovação e sustentabilidade. Os

critérios de validação foram retirados dos trabalhos de Hardi e Zdan (1997) e Trzesniak (1998).

Os critérios de Trzesniak (1998) referem-se a estrutura lógico-matemática do índice, o autor lista as seguintes propriedades como necessárias e relevantes para qualquer indicador ou índice: relevância, gradação de intensidade, univocidade, padronização, rastreabilidade, amplitude, portabilidade e invariância de escala. Segue a análise do índice SIMI-Biotech em cada um destes critérios:

- **Relevância:** As inovações sustentáveis são críticas para o bem-estar humano nas diversas dimensões da sustentabilidade a longo prazo. Essas inovações são uma tendência de mercado que deverá intensificar-se nas próximas gerações, e notoriamente, as pesquisas científicas são uma importante fonte de inovação. No entanto, Tidd *et al.* (2003) salientam que os indicadores de inovação existentes não são focados na fase de prospecção, onde estão situadas as pesquisas científicas. Esta lacuna contribui para as empresas brasileiras não desenvolverem de forma adequada a sustentabilidade nas suas inovações (KUMMER, 2013). Desta forma, Pinheiro *et al.* (2006) destacam a relevância e necessidade do desenvolvimento de novos indicadores e índices para avaliação dos projetos de pesquisa diferentes dos existentes nas empresas. Portanto, pode-se afirmar que o índice mede uma característica (potencial inovador sustentável) relevante do objeto (pesquisas científicas), ainda pouco explorada;
- **Gradação de intensidade:** O índice SIMI-Biotech nas simulações para construção conceitual do índice demonstrou possuir um espaço de variação do valor obtido com sua aplicação entre 11% a 100%. Este fato deve-se a escala fundamental de Saaty (1980). Nos estudos de casos múltiplos, os valores obtidos possibilitaram estabelecer uma ordem de acordo com o potencial inovador da pesquisa de acordo com o objetivo do decisor. Logo, o método atende ao critério de gradação de intensidade por conseguir estabelecer uma ordem satisfatória de acordo com o potencial estimado;
- **Univocidade:** O índice SIMI-Biotech permite identificar os principais critérios e julgamentos que impactaram no *rating* final obtido. O uso de gráficos para representar a rede de importância torna visual a importância relativa de cada critério. Ao final da aplicação dos estudos de casos foi mostrado para cada decisor a importância de cada critério para o resultado final e todos os decisores concordaram que os resultados obtidos expressavam a realidade. Portanto, é possível afirmar que o

índice SIMI-Biotech atende o critério de univocidade por conseguir elucidar a influência de cada variável avaliada no resultado final;

- Padronização: o método ANP (SAATY, 1996) garante um conjunto de equações bem definidas para transformação dos julgamentos em matrizes, e posteriormente, no *rating* final da pesquisa avaliada. Desta forma, pode-se afirmar que o índice proposto atende este critério;
- Rastreabilidade: este critério depende do *modus operandi* do usuário do índice proposto. Para garantir a rastreabilidade é necessário assegurar o registro de todas as informações utilizadas para realizar a avaliação. Seguindo a lógica do índice SIMI-Biotech, todos os julgamentos são transformados em pesos que são armazenados em matrizes que são manipuladas por equações para gerar o resultado. Portanto, há um certo grau de rastreabilidade, no entanto, para este critério ser plenamente atendido o processo de aplicação deverá considerar a necessidade de manter um banco de dados;
- Amplitude: Durante a realização dos estudos de casos foi sugerido pelos decisores o uso do índice para avaliação de outros objetos como projetos de P,D&I, patentes, produtos, instituições, entre outros. Sendo assim, há uma clara indicação que o índice SIMI-Biotech pode ser aplicado em outros tipos de avaliações, o que seria um ganho na amplitude, mas que precisa ser testado;
- Portabilidade: O modelo conceitual proposto por Hansen *et al.* (2009) não foi concebido para avaliar inovações orientadas a sustentabilidade exclusivamente no campo do conhecimento da biotecnologia, é um *framework* genérico. Logo, o índice SIMI-Biotech, por ser derivado deste modelo conceitual, pode ser aplicado a outros tipos de pesquisa inovadoras como novos materiais, nanotecnologia, energia, tecnologia de informação, entre outros;
- Invariância de escala: a extensão da mudança que uma pesquisa científica pode gerar no produto final e o tamanho do mercado que a inovação pode atingir são exemplos de aspectos considerados neste critério, que trata da adequação do índice para avaliação de objetos com características de diferentes tamanhos. No índice SIMI-Biotech é utilizado um *benchmarking* do mercado em cada critério para realizar a avaliação. Esses *benchmarks* foram escolhidos livremente pelos decisores. Portanto, o *rating* obtido é ajustado à variação da escala, pois nos julgamentos o objeto em análise é comparado com objetos similares em condições e tamanho;

A função dos Princípios de Bellagio é servir de guia prático para nortear as práticas de escolha e desenvolvimento de índices e indicadores ligados a sustentabilidade em diferentes contextos (HARDI e ZDAN, 1997). A aplicabilidade e adequação aos Princípios de Bellagio do índice SIMI será discutido a seguir:

- Orientação da visão e os objetivos: O índice SIMI-Biotech, por ser desenvolvido em torno do modelo conceitual Cubo da Inovação Sustentável de Hansen *et al.* (2009), adota a abordagem *Triple Bottom Line* (ELKINGTON, 1998; SARTORE 2012) como a sua visão do conceito de sustentabilidade que irá permear todo o método;
- Perspectiva holística: O índice SIMI-Biotech por ser voltado para o conceito de inovação possui um grupo de critérios ligado ao ciclo de vida do produto, esta característica evidencia a visão sistêmica e integrada de todos os impactos gerados com a implementação de uma inovação;
- Elementos essenciais: esse princípio refere-se à seleção adequada de variáveis para avaliar adequadamente a visão da sustentabilidade escolhida pelo índice. O índice SIMI-Biotech não estabelece objetivamente quais os elementos essenciais em cada critério no agrupamento relativo à sustentabilidade. Este fato deve-se à dificuldade de prever quais as demandas específicas de cada pesquisa científica para torna-se uma inovação nas dimensões econômicas, humanas e ambientais. O índice exemplifica as questões que podem ser consideradas em cada critério. Portanto, o índice SIMI-Biotech não atende plenamente este critério;
- Escopo adequado: O escopo da avaliação do índice SIMI-Biotech são as pesquisas científicas e suas aplicações no setor produtivo. Portanto, o índice proposto atende ao critério, mas é necessário lembrar que uma pesquisa pode ter seu potencial inovador sustentável acrescido ou diminuído com o passar do tempo pela evolução tecnológica;
- Enfoque prático: Os estudos de casos evidenciaram a viabilidade prática do índice proposto, bem como a sua adequação para identificação de deficiências e proposição de melhorias;
- Acesso à informação: O índice SIMI-Biotech foi desenvolvido para ser um método proprietário a ser utilizado para tomada de decisões estratégicas de atores públicos e privados. Portanto, no contexto interno das organizações, possivelmente, haverá acessibilidade às informações para os envolvidos no processo de avaliação, porém, para o ambiente externo essas informações serão restritas;

- Comunicação efetiva: Devido as prováveis restrições de acesso às informações obtidas pelo uso do índice SIMI-Biotech, é possível afirmar que o índice proposto pode ter sua comunicação reduzida pela sua importância estratégica, apesar de ter sido classificado como fácil de ser compreendido pelos decisores que participaram dos estudos de caso;
- Ampla participação: O índice SIMI-Biotech exige a participação de pelo menos três agentes: o *analista*, responsável pela aplicação do método; o *pesquisador*, criador ou inventor que possui um conjunto de conhecimentos com potencial inovador; e o *decisor*, ator responsável por julgar as características do mercado e o potencial desempenho da pesquisa neste mercado. Portanto, a ampla participação dependerá da representatividade das pessoas envolvidas no processo de avaliação;
- Avaliação contínua: A revisão dos julgamentos para atualização do potencial inovador sustentável das pesquisas é uma atividade necessária para garantir a validade dos resultados. No entanto, é uma tarefa que depende da organização que utilizar o índice;
- Capacidade institucional: O índice SIMI-Biotech, na opinião dos decisores, pode aumentar a capacidade das instituições públicas e privadas de acompanhar o processo de evolução tecnológica de uma forma mais proativa no que diz respeito ao desenvolvimento de inovações voltadas para a promoção de melhores condições e relações com o meio ambiente e sociedade;

O índice SIMI-Biotech foi avaliado em 18 critérios diferentes, seguindo a descrição de Hardi e Zdan (1997) e Trzesniak (1998). O Quadro 18 resume as principais características do índice SIMI-Biotech nos critérios considerados:

Quadro 18 – Critérios de análise do índice SIMI-Biotech.

Critérios lógico-matemáticos	Avaliação do índice	Critérios de sustentabilidade	Avaliação do índice
Relevância	Atende	Orientar a visão e os objetivos.	Atende
Gradação de intensidade	Atende	Perspectiva holística.	Atende
Univocidade	Atende	Elementos essenciais.	Não Atende
Padronização	Atende	Escopo adequado.	Atende
Rastreabilidade	Atende com restrição	Enfoque prático.	Atende
Amplitude	Atende com restrição	Acesso à informação.	Não Atende
Portabilidade	Atende	Comunicação efetiva.	Não Atende
Invariância de escala	Atende	Ampla participação.	Atende com restrição
		Avaliação contínua.	Não Atende
		Capacidade institucional.	Atende

Fonte: O autor.

O Quadro 18 evidencia que o índice SIMI-Biotech atende a maioria dos critérios avaliados. Os critérios descritos como “Atende com restrição” possuem essa classificação

devido o atendimento ou não do critério depender da forma como a organização utiliza o índice para o fim proposto. Já os critérios descritos como “Não atende” foram assim classificados devido ao caráter restritivo das informações sobre inovações.

#### 8.4.2 Análise dos avaliadores

O Apêndice K apresenta o questionário de pós-avaliação da pesquisa científica. O objetivo deste questionário é obter as impressões gerais dos decisores a cerca do uso do índice SIMI-Biotech durante a avaliação. A primeira parte do questionário são informações pessoais do decisor e da organização utilizadas para descrever as respectivas empresas. A segunda parte do questionário é voltada para estrutura conceitual do índice proposto. A terceira parte questiona a respeito da experiência prática do uso do índice. E a quarta e última parte do questionário é um espaço para uma avaliação global livre do índice proposto.

Na segunda parte, dois decisores citaram que alguns critérios não estavam tão claros, e portanto sugeriram a construção de um glossário para suporte aos julgamentos. No entanto, todos concordaram que os critérios eram adequados e relevantes para o objeto avaliado. Em relação aos pontos fortes, os decisores apontaram a rapidez para avaliação, a praticidade dos julgamentos, a possibilidade de evidenciar o potencial socioeconômico e as aplicações reais e, por fim, a densidade das informações necessárias para a avaliação. O ponto fraco apontado foi a ausência do glossário, sendo este item a sugestão de melhoria apontada.

Na terceira parte do questionário, os decisores novamente citaram a agilidade e praticidade como facilidades práticas e tiveram dificuldades para apontar pontos fracos, tendo sido citado apenas, como aspecto negativo, a necessidade de repetir diversas os conceitos dos termos por parte do pesquisador. Em relação à interpretação dos resultados, todos os decisores concordaram que o *rating* final obtido foi adequado e o pesos dos critérios estavam corretos, segundo seus julgamentos, o que torna o índice representativo da realidade. Além disso, foi unânime a percepção que o resultado é fácil de ser compreendido. Novamente, os decisores tiveram dificuldades para sugerir melhorias, sendo a principal mencionada a possibilidade de segmentação por setor produtivo ou área de conhecimento.

Na avaliação global, os decisores reforçaram a impressão positiva acerca do uso do método, destacando que os critérios utilizados são válidos e adequados para os problemas reais de seleção de inovações. No entanto, foi citado também que é necessário uma descrição precisa da pesquisa científica para que a avaliação seja justa e coerente. Foi citado, ainda, a necessidade de tratar a incerteza no processo de avaliação, já que os julgamentos são relativos ao potencial de inovação, ou seja, expectativa de sucesso que as pesquisas possuem.

#### 8.4.3 *Análise comparativa dos estudos de casos*

As três empresas que participaram dos estudos de casos estão situadas na cidade de Manaus e são classificadas como de pequeno porte. As empresas Complevida e Cheiro D’Folha nos seus processos produtivos utilizam diretamente elementos da biodiversidade amazônica, já a empresa QLuz Eco Energia atua no setor de comércio de produtos para sistemas de energia solar, e portanto, não faz uso direto da biotecnologia em seus processos.

Em comum as empresas possuem uma cultura aberta para a inovação em seus produtos e processos, além de considerarem a sustentabilidade como um elemento importante nos seus respectivos negócios. O ramo de atuação de cada empresa impacta diretamente na avaliação, pois os decisores julgam de acordo com sua posição na cadeia produtiva, ou seja, Complevida e Cheiro D’Folha avaliaram o potencial inovador de usar, respectivamente, a fécula do cará-roxo e os extratos bioativos de resíduo agroindustrial de buriti nos seus produtos, portanto, essas empresas seriam usuárias dos resultados das pesquisas e não necessariamente as responsáveis por produzir a fécula ou os extratos.

Já a empresa Qluz que não atua no setor de alimentos, tampouco no setor de cosméticos, avaliou as pesquisas científicas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí considerando que a própria empresa seria a fabricante dos extratos, logo, estaria um nível atrás na cadeia produtiva. Este fato tornou a Qluz muito mais rigorosa nos seus julgamentos do que as demais empresas, devido ao riscos e aos esforços serem significativamente maiores em comparação aos demais casos.

No tocante as pesquisas avaliadas, as matérias-primas estudadas são comumente encontradas na região amazônica, e portanto, são de interesse estratégico para o setor público e privado regional. Cará-roxo, buriti e açaí são alimentos comuns na dieta do homem amazônico, no entanto seus respectivos consumos tradicionais não exploraram todas as potencialidades nutritivas e bioquímicas destes alimentos.

A pesquisa do cará-roxo possui menor nível de tecnologia empregada já que trata da transformação do insumo em um formato propício (a fécula) para fabricação de novos produtos. Já as pesquisas sobre os resíduos agroindustriais de buriti e açaí possuem um grau de tecnologia empregada mais elevado, por usarem técnicas mais sofisticadas para agregar valor a resíduos com pouca ou nenhuma utilidade para a agroindústria.

As pesquisas científicas que possuem como objeto o açaí e suas propriedades são desenvolvidas há mais tempo pelo grupo de pesquisa que forneceu as informações para realização dos estudos de casos. De forma mais recente, o cará-roxo também foi objeto de estudo em diversos trabalhos com diferentes enfoques. Os resultados combinados destas

pesquisas criaram um arcabouço de conhecimentos sobre as potencialidades do açaí e do cará que facilitam as suas respectivas aplicações industriais. Já pesquisas com foco no buriti são mais escassas, porém já possuem resultados expressivos.

A aplicação do índice SIMI-Biotech teve o *ranking* final liderado pelas pesquisas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti, seguido pelas pesquisas sobre a fécula do cará-roxo, e por fim, com o menor *rating* estão as pesquisas focadas nos resíduos agroindustriais do açaí. Na mesma tabela, é possível verificar quais os critérios apontados como os mais importantes em cada estudo de caso. Nota-se a forte presença dos critérios Tecnologia, Cultura, Produção e Logística e Consumo.

Dos 11 (onze) critérios citados na Tabela 4, 9 (nove) pertencem aos *clusters* Necessidade ou Ciclo de vida, ou seja, 82% do total. Este fato sugere que há ,ainda, um baixo nível de valorização das questões socioambientais por parte dos tomadores de decisão, basta verificar que apenas os critérios Efeitos ambientais e Descarte não tiveram nenhuma ocorrência entre os critérios mais importantes.

Tabela 4 – *Ranking* final e principais critérios dos estudos de casos

Nº estudo de caso	Produto da pesquisa	<i>Rating</i>	Principais critérios
2º	Extrato de resíduos agroindustriais de buriti	57,2%	Tecnologia, Cultura, Efeitos sociais e Produção e Logística
1º	Fécula do cará-roxo	48,0%	Tecnologia, Cultura e Consumo
3º	Extrato de resíduos agroindustriais de açaí	39,6%	Efeitos econômicos, Produção e Logística, Consumo e Sistema de uso

Fonte: O autor.

Estes resultados levam a uma importante questão: Por que as pesquisas com históricos e resultados mais abundantes (sobre o açaí) obtiveram a menor pontuação? Considerando que as pesquisas com menor conjunto de resultados e em desenvolvimento (sobre o buriti) obtiveram a maior pontuação. A provável explicação mais adequada está centrada no objetivo do decisor. Ou seja, o potencial inovador depende do contexto em qual os resultados das pesquisas serão utilizados, isso inclui determinar: qual etapa da cadeia produtiva de um produto será utilizada, como por exemplo, a inovação será usada na fabricação do produto final ou na fabricação de um insumo?; o porte, os recursos e o *know-how* da empresa no segmento em que a pesquisa será empregada; entre outros aspectos situacionais.

Devido as pesquisas para obtenção de extratos biotivos de resíduos agroindustriais de açaí terem sido avaliadas com o intuito de suportarem a criação de um novo negócio baseado na produção de extratos para comercialização para outros segmentos, as lacunas apresentadas pela pesquisa pesaram negativamente na avaliação mais do que nos demais casos. No caso da fécula do cará e dos extratos de resíduos agroindustriais de buriti suas aplicações se limitam a formulação de novos produtos com estes insumos inovadores, portanto, o risco é bem inferior e pode não envolver grandes volumes de recursos financeiros.

O principal problema comum, diagnosticado nos estudos de caso, é relativo a comprovação dos benefícios gerados nos produtos finais quando são utilizados nas suas formulações a fécula do cará-roxo ou alguns dos extratos, este aspecto é considerado no critério Tecnologia. Outro problema generalizado é referente ao esclarecimento das necessidades e características para a produção da fécula e dos extratos em grande escala para atender um segmento industrial, considerando os aspectos da sustentabilidade e as deficiências logísticas regionais. E o terceiro problema mais recorrente são as barreiras culturais para consumo de produtos de origem amazônica.

Para solucionar esses principais problemas comuns foi sugerido as seguintes propostas gerais:

- Construção de unidades modelos de produção e beneficiamento de cará-roxo e/ou resíduos agroindustriais de açaí ou buriti, visando testar tecnologias produtivas adequadas para os problemas regionais;
- Marketing baseado nas propriedades funcionais de alimentos e cosméticos obtidas com uso da fécula ou dos extratos, esta ação visa dirimir as barreiras culturais;
- Participação de comunidades, cooperativas ou pequenos produtores locais como beneficiadores do cará-roxo para produção de fécula ou como beneficiadores de resíduos agroindustriais do açaí ou buriti para produção de extratos, com intuito de aumentar a sustentabilidade das cadeias produtivas;
- Para o problema da comprovação do benefício funcional gerado pelos produtos inovadores a partir da fécula do cará-roxo ou dos extratos de açaí e buriti, é sugerido a criação de selos de procedência vinculados à UFAM como forma de aumentar a aceitação dos produtos e gerar recursos para a própria universidade manter suas atividades de pesquisa.

### 8.3.4 Potencialidades e limitações do índice SIMI-Biotech

A crescente preocupação com a sustentabilidade no processo de inovação mostrado por Daroit e Nascimento (2004), evidenciam o potencial interesse na ferramenta SIMI-Biotech no setor empresarial. Tornando o índice uma ferramenta para obtenção de vantagens competitivas e a construção de modelos de negócios baseados na sustentabilidade (CHARTER e CLARK, 2007; BOONS e LÜDEKE-FREUND, 2013; IPEA, 2013).

No cenário empresarial brasileiro, Pinheiro *et al.* (2006), Viotti (2013) e o IPEA (2013) apontam que os métodos de análise de inovações são muito semelhantes aos utilizados no meio acadêmico, sendo frequentemente pouco sistemáticos e subjetivos, havendo portanto, a necessidade do desenvolvimento e implementação de índices e indicadores de inovação distintos para avaliação dos projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nas empresas. Neste contexto, o SIMI-Biotech pode ser considerado um dos primeiros esforços para construção de uma ferramenta projetada, especificamente, para atender as demandas organizacionais durante o processo de seleção de inovações.

Tidd *et al.* (2003) argumentam que o processo de inovação possui quatro fases. Segundo essa classificação, o índice SIMI-Biotech seria uma ferramenta potencialmente adequada para executar as fases de prospecção (1ª) e seleção estratégica (2ª). Esta observação evidencia a importância que o índice pode ter na formulação de estratégias empresariais ou na formulação de políticas públicas.

Em comparação aos índices e indicadores tradicionais de inovação, que segundo Figueiredo (2005) não captam o processo de desenvolvimento da capacidade tecnológica, o índice SIMi-Biotech permite identificar os gargalos de cada pesquisa científica avaliada, priorizando os critérios mais importantes para o desempenho inovador. E, seguindo a classificação de Silva *et al.* (2008) que propõe cinco tipos de indicadores de inovação tecnológica, o índice SIMI-Biotech pode ser considerado um tipo novo, semelhante aos indicadores de impacto, mas com enfoque no potencial impacto da inovação.

Os principais modelos de avaliação de inovação – Manual de Oslo, PINTEC, Radar da Inovação, Modelo de Berreyre e Modelo de Schumpeter (COSTA e GARCIA, 2008 e PAREDES *et al.*, 2014) – não permitem estimar o desempenho inovador futuro das organizações, portanto geram informações sobre o presente ou passado. O índice proposto neste trabalho tem objetivo contrário por estar focado nos resultados futuros.

Os principais indicadores e índices de inovação sustentável são o LCSP, GRI, DJSI e ISE, dentre estes, a metodologia LCSP (VELEVA *et al.*, 2003) é a mais próxima do índice SIMI-Biotech por estar focada no processo produtivo, e este ser também um dos critérios da

dimensão ciclo de vida do *framework* Cubo da Inovação Sustentável (HANSEN *et al.*, 2009). No Brasil, segundo Vedovoto *et al.* (2008) a Embrapa é um exemplo de instituição que desenvolveu uma metodologia similar ao SIMI-Biotech para avaliação dos impactos econômicos, ambientais e sociais das tecnologias produzidas, desde a seleção do projeto de pesquisa até o lançamento da tecnologia no mercado, no entanto, essa metodologia é focada exclusivamente na área de atuação da empresa.

Portanto, o SIMI-Biotech possui características que o credenciam para ser uma ferramenta distinta e complementar ao demais índices e indicadores de inovação sustentável existentes no setor empresarial tais como o LEADMARKET, SUBCHEM, MEI, CLEANTECH, ACE tech, SIC e INOVA-tec. Todavia, os estudos de casos evidenciaram que ajustes precisam ser feitos para viabilizar seu uso em grande escala e em ambientes organizacionais mais complexos.

Em relação a metodologia do índice SIMI-Biotech é válido testar a aplicação do algoritmo ANP-fuzzy, no entanto, os testes realizados na presente pesquisa, seguindo os passos propostos por Chang (1996), mostraram que é necessário fazer ajustes na forma de calcular os pesos de critérios e alternativas no formato fuzzy, pois da forma como é convencionalmente proposto há a perda de informação dos julgamentos nas operações matemáticas.

O *framework* Cubo da Inovação Sustentável (HANSEN *et al.*, 2009) foi concebido para avaliar inovações de produtos orientadas para sustentabilidade, portanto, não faz parte do escopo do *framework* as demais formas de inovação apresentadas nos modelos Manual de Oslo, PINTEC, Radar da Inovação, Modelo de Berreyre e Modelo de Schumpeter (COSTA e GARCIA, 2008 e PAREDES *et al.*, 2014)<sup>21</sup>. Logo, para avaliar pesquisas científicas que potencialmente podem gerar inovações, por exemplo, em processos ou serviços, é necessário ajustar o modelo conceitual antes de efetivamente aplicar o método SIMI-Biotech. Pelo mesmo motivo, o índice não deve ser usado para avaliação de pesquisas científicas ou projetos de PD&I que não tenham orientação para sustentabilidade, pois não se enquadram no escopo da proposta original de Hansen *et al.* (2009).

Na construção do índice SIMI-Biotech optou –se por não segmentar as perguntas por área do conhecimento para viabilizar sua aplicação em outras áreas do conhecimento e cobrir o maior número de pesquisas biotecnológicas possível. No entanto, no caso de adoção do índice por uma organização é conveniente preencher esta lacuna, estabelecendo um glossário

---

<sup>21</sup> Vide Quadro 1, página 16.

próprio para adaptar cada critério a realidade no qual será aplicado. Neste contexto, é pertinente padronizar as informações e indicadores que serão utilizados para facilitar o uso da escala fundamental de Saaty pelos decisores.

Portanto, é possível de concluir que o índice SIMI-Biotech é uma ferramenta com elevado grau de sustentação teórica, no entanto pode e deve ser melhorado e adaptado para que efetivamente torne-se uma ferramenta importante para a tomada de decisão pública ou privada no que refere-se à gestão da inovação.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inovação, sustentabilidade e biotecnologia são conceitos inter-relacionados tanto no contexto científico quanto nos setores público e empresarial, por diversos motivos que vão desde o interesse no desenvolvimento de sistemas produtivos sustentáveis até a conservação dos recursos naturais sem limitar a cadeia produtiva dos diversos bens e serviços necessários ao consumo humano. Serra *et al.* (2008) acrescentam que a articulação entre os conceitos entre inovação e sustentabilidade ocorre porque a inovação tornou-se importante para a sustentabilidade das empresas modernas. Vieira *et al.* (2005), Almeida (2007), Tidd *et al.* (2008) concordam que, neste contexto, é fundamental priorizar inovações que sejam viáveis nas dimensões econômica, ambiental, social e institucional.

As empresas que atuam diretamente com biodiversidade e biotecnologia possuem como fontes de inovação mais importantes as universidades, os centros de pesquisa e as novas empresas de base biotecnológica (BAETAS *et al.*, 2004). Portanto, se faz necessário uma atividade de prospecção e seleção estratégica de novas pesquisas científicas para garantir a competitividade das empresas que atuam neste segmento. Judice e Baêta (2005) corroboram com essa afirmação ao afirmarem que o desempenho inovador de uma empresa depende de fatores como noção de acesso a mercados e senso de factibilidade da pesquisa.

Todavia, é recorrente no ambiente acadêmico brasileiro que as pesquisas científicas com potencial de inovação promissor não cheguem ao mercado consumidor por diversos fatores, entre eles a ausência de ferramentas adequadas para dar suporte as empresas para realizar a atividade de prospecção e seleção estratégica. A biotecnologia é uma área do conhecimento afetada por esta realidade de forma significativa, pois sua proposta é gerar soluções para as necessidades humanas, e portanto, tem forte potencial mercadológico em boa parte das pesquisas realizadas nessa área.

Neste contexto, a presente pesquisa teve como problema de pesquisa a avaliação do potencial de inovação sustentável das pesquisas científicas biotecnológicas. Desta forma, o objetivo principal foi elaborar um índice para avaliação do potencial de inovação sustentável de pesquisas científicas no campo da biotecnologia. Durante a investigação sobre modelos conceituais para avaliação da inovação sustentável, foi identificado que havia uma grande variedade de critérios e abordagens, e portanto, quaisquer que fosse a estratégia de cálculo, esta seria do tipo multicritério.

A primeira etapa da pesquisa consistiu na identificação de um modelo conceitual para avaliação do potencial de inovação sustentável. O modelo escolhido foi o *Sustainable*

*Innovation Cube* proposto por Hansen et al. (2009) devido ser um modelo genérico recente com a finalidade de avaliar os efeitos que determinada inovação gera nas dimensões da sustentabilidade. Portanto, compatível com a proposta desta pesquisa, além de ser não possuir uma formulação matemática que possibilitasse aplicações práticas por parte das empresas.

A segunda etapa da pesquisa foi a aplicação da metodologia multicritério mais adequada para modelagem do índice proposto. Na análise da estrutura conceitual do Cubo da Inovação Sustentável verificou-se que o modelo possui múltiplos critérios organizados em 3 dimensões e que o formato de cubo implica na interação e *feedback* entre todos os elementos presentes no modelo.

Desta forma, dentre as técnicas principais de MCDM a única capaz de tratar este tipo de problema é o *Analytic Network Process*. A partir da combinação do método *Sustainable Innovation Cube* com o *Analytic Network Process* foi obtido o índice *Sustainable Innovation Multicriteria Index for Biotechnology* (SIMI-Biotech), com o objetivo de ser uma ferramenta para seleção e priorização de pesquisas científicas no campo da biotecnologia.

A última fase da pesquisa consistiu na realização de três estudos de casos com o objetivo de testar e validar o índice SIMI-Biotech como um método eficiente para avaliar pesquisas com potencial de inovação realizadas por pesquisadores vinculados ao Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas.

Os estudos de casos foram realizados nas empresas Complevida Produtos Naturais, Cheiro D’Folha da Amazônia e QLuz EcoEnergia que avaliaram, respectivamente, as pesquisas científicas para: obtenção de fécula do cará-roxo (*Dioscorea trifida L.f*); extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti (*Mauritia flexuosa*); e, extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí (*Euterpe precatoria* e *Euterpe oleracea*,). No primeiro estudo de caso, a pesquisa científica seria utilizada na fabricação de complementos alimentares utilizando a fécula do cará-roxo. No segundo estudo a caso, os extratos bioativos seriam utilizados na fabricação de cosméticos como sabonetes e hidratantes, em substituição aos extratos atualmente utilizados. Já no terceiro estudo de caso, o objetivo foi avaliar a viabilidade de implementar uma indústria para fabricação dos extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí.

As pesquisas científicas para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti obtiveram a pontuação de 57,2%, a mais elevada dentre as pesquisas avaliadas, seguida pelas pesquisas para obtenção da fécula do cará-roxo (48%) e de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí (39,6%). Já os critérios mais relevantes foram Tecnologia, Cultura, Consumo e Produção e Logística. Os resultados mostraram que as

pesquisas científicas em biotecnologia realizadas por pesquisadores vinculados ao PPGBIOTEC/UFAM possuem potencial inovador sustentável significativo, mas precisam de ajustes para que sejam viáveis de serem produzidas e comercializadas em uma escala de produção adequada.

As principais sugestões para melhoria do potencial inovador da pesquisas foram: a construção de unidades modelos de produção e beneficiamento de cará-roxo e/ou resíduos agroindustriais de açaí ou buriti; a promoção de um *marketing* baseado nas propriedades funcionais de alimentos e cosméticos; a participação de comunidades, cooperativas ou pequenos produtores locais como beneficiadores do cará-roxo ou dos resíduos agroindustriais do açaí ou buriti; e a criação de selos de procedência vinculados à UFAM.

A partir dos resultados obtidos foi possível confirmar a hipótese central da presente pesquisa, que consistiu na afirmação de que o índice proposto é eficiente para avaliação do potencial inovador sustentável de pesquisas científicas em biotecnologia. As principais evidências para validar a hipótese são as opiniões dos decisores quanto a validade do método, a coerência entre as justificativas e as pontuações obtidas, e o atendimento da maior parte dos critérios de validação de índices e indicadores.

Como principais sugestões de trabalhos futuros utilizando o índice proposto estão:

- Estudos de aplicação do SIMI-Bitech em outras áreas do conhecimento, em especial aquelas com elevado potencial de serem sustentáveis como, por exemplo, energia renováveis, nanotecnologia e novos materiais;
- A segmentação do índice para adaptá-lo melhor a outras áreas do conhecimento, visando o emprego efetivo da ferramenta;
- Avaliação de projetos de PD&I, patentes, laboratórios, instituições de pesquisa, portfólios, produtos, entre outros, utilizando o índice proposto, desde que o foco seja o potencial inovador;

O índice proposto e testado nesta pesquisa é uma oportunidade para que tomadores de decisão públicos e privados possam avaliar de forma mais crítica e analítica o conhecimento produzido no campo da biotecnologia tanto no Amazonas quanto no âmbito nacional. Espera-se que os resultados obtidos possam motivar a formulação de políticas públicas mais adequadas para a promoção da ciência e inovação para sociedade, além de contribuir com os setores privados na busca por modelos de negócios mais justos e sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, S.; MICHAELSON, J.; SHAH, S.; STOLL, L.; MARKS, N. **The happy planet index: 2012 report – A global index of sustainable well-being**. London: The New Economics Foundation, 2012. 27 p.
- ADES, C. Modelo de difusão da inovação para Instituto de Pesquisa no Brasil. 2013. 299 fls. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- ALMEIDA, F. **Os desafios da sustentabilidade: uma ruptura urgente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 280 p.
- ALTUNTAS, S.; DERELI, T. An evaluation index system for prediction of technology commercialization of investment projects. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology**, v. 23, n. 6, p. 327-343, 2012.
- AMORIM, M.B.; GRISOTTI, M. As alegações de saúde nos alimentos: uma abordagem sociológica. In: 1º SEMINÁRIO DE SOCIOLOGIA E ECOLOGIA HUMANA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 1, 2010, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC, 2010.
- ARAGÃO, E.; LOUREIRO, S.; ALMEIDA, B. A.; GUIMARÃES, J. M. Redes interinstitucionais e inovação na área de biotecnologia aplicada à saúde humana. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 36, n. 1, p. 90-104, 2012.
- ARAGON, C. E. Desenvolvimento Sustentável da Amazônia. In: LUZ, M. (Coord.). **Desenvolvimento Sustentável da Amazônia**. Rio de Janeiro: CEBRI, 2010, p. 18-27.
- ARULDOSS, M.; LAKSHMI, T. M.; VENKATESAN, V. P. A survey on multi criteria decision making methods and its applications. **American Journal of Information Systems**, v. 1, n. 1, p. 31-43, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS (ABIHPEC). **Panorama do setor de HPPC**. São Paulo: ABIHPEC, 2014. 23 p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DAS EMPRESAS INOVADORAS (ANPEI). **Os novos instrumentos de apoio à inovação: uma avaliação inicial**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2008. 101 p.
- AUDY, J. L. N. Entre a Tradição e a renovação: os desafios da universidade empreendedora. In: AUDY, J. L. N.; MOROSINI, M. C. (Orgs.). **Innovation and Entrepreneurialism in the University**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006. p. 44-69.
- AZEVEDO, N.; FERREIRA, L. O.; KROPF, S. P.; HAMILTON, W. S. Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica: A Via Brasileira da Biotecnologia. **DADOS – Revista de Ciências Sociais**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 1, p. 139-176, 2002.
- BAETAS, R. B. G.; BOMTEMPO, J. V.; QUENTAL, C. Modelo para análise estratégica de indústrias baseadas em ciência. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 44, n. 4, p. 80-91, 2004.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. MACBETH: an interactive path towards the construction of cardinal value functions. **International Transactions in Operational Research**, v. 1, n. 4, p. 489-500, 1994.

BAPTISTA, P. A. **Inovação nos Produtos, Processos e Organizações**. Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação, 1999.

BARBIERI, J. C. **Organizações inovadoras: estudos e casos brasileiros**. Brasília: FGV Editora, 2003. 164 p.

BARBIERI, J. C. Organizações inovadoras sustentáveis. **Caderno de Inovação**, v. 3, p. 5-9, 2007.

BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G.; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Rev. adm. empres.**, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.

BARROS, Z. M. P. **Cascas de frutas tropicais como fonte de antioxidantes para enriquecimento de suco pronto**. 2011. 85 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

BASTOS, V. D. Inovação farmacêutica: padrão setorial e perspectivas para o caso brasileiro. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 271-296, 2005.

BAUMGARTEN, M. Ciência, tecnologia e desenvolvimento - redes e inovação social. **Parcerias Estratégicas**, v. 13, n. 26, p. 101-123, 2008.

BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R. B.; ALBADVI, A.; AGHDASI, M. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European journal of Operational research**, v. 200, n. 1, p. 198-215, 2010.

BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *In*: ARCHIBUGI, D.; MICHIE, J. (Eds.). **Technology, globalization and economic performance**. New York: Cambridge University Press, 1997. p. 93-137.

BIOTECHNOLOGY INDUSTRY ORGANIZATION – BIO. **Guide to Biotechnology 2008**. Washington: Bio.org, 2008. 112 p.

BIOTECSUR. **Inventário diagnóstico das biotecnologias no Mercosul e comparação com a União Europeia**. Buenos Aires: Centro Redes, 2005. 125 p.

BISPO, C. A. F.; CAZARINI, E. W. A evolução do processo decisório. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 18., 1998. Niterói. *Anais...* Niterói: ABEPRO, 1998. 1 CD-ROM.

BOONS, F.; LÜDEKE-FREUND, F. Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 9-19, 2013.

BOSSEL, H. **Indicators for sustainable development: theory, method, applications**. Winnipeg: IISD, 1999. 138 p.

BOTTERO, M.; FERRETTI, V. Integrating the analytic network process (ANP) and the driving force-pressure-state-impact-responses (DPSIR) model for the sustainability assessment of territorial transformations. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 21, n. 5, p. 618-644, 2010.

BRANS, J. P.; VINCKE, PH. A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). **Management science**, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.

BRANS, J.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. **European journal of operational research**, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.

BRASIL. Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007 – Política de Desenvolvimento da Biotecnologia. Comitê Nacional de Biotecnologia. Brasília, 2007. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm)>. Acesso em 21/01/2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Biotecnologia Agropecuária**. Boletim Técnico. Brasília: MAPA, 2010. 72 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 maio 1999.

BRINK, J.; MCKELVEY, M.; SMITH, K. H. Conceptualizing and measuring modern biotechnology. *In*: MCKELVEY, M.; RICKNE, A.; LAAGE-HELLMAN, J (Eds.). **The Economic Dynamics of Modern Biotechnology**. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2004. p. 20-40.

BRITO, E. P. Z.; BRITO, L. A. L.; MORGANTI, F. Inovação e o desempenho empresarial: lucro ou crescimento? **RAE-eletrônica**, v. 8, n. 1, art. 6, 2009.

BUCHANAN, L.; O CONNELL, A. A brief history of decision making. **Harvard Business Review**, v. 84, n. 1, p. 20-29, 2006.

CALIA, R. C. Modelo de redes de inovação para uma metodologia de gestão: implementações de teoria das restrições. 2005. 156 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e sustentabilidade. Base conceptual para uma nova Extensão Rural. *In*: WORLD CONGRESS OF RURAL SOCIOLOGY, 10, 2000, Rio de Janeiro. *Abstracts*. Campinas: UNICAMP e SOBER, 2000, p. 114-123.

CAPÓ-VICEDO, J. Análisis del ciclo de vida y las políticas de desarrollo de los clusters de empresas. **EURE**, v. 37, n. 110, p. 59-87, 2011.

CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. Biotecnologia na agricultura. *Estud. av.*, v. 24, n. 70, p. 149-164, 2010.

CASAGRANDE JR., E. F. Inovação tecnológica e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface. *Revista Educação & Tecnologia*, n. 8, p. 1–15, 2004.

CASTELLS, M. A **Sociedade em Rede**: A era da informação, economia, sociedade e cultura. São Paulo: Paz e Terra, 1999. 698 p.

CAVALCANTI, C. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. São Paulo: Cortez, 1997. 436 p.

CELEDÔNIO FERNANDES, C. F.; SCHWEICKARDT, J. C.; STABELI, R. G.; MORAES, M. O.; GUILAM, M. C. R.; TRINDADE LIMA, N. V. A contribuição da Fundação Oswaldo Cruz para o ensino de pós-graduação na Amazônia Legal: experiências nos estados de Amazonas e Rondônia. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 11, n. 23, p. 299–324, 2014.

CETRON, M. J. Timeline for the future: Potential developments and likely impacts. *The Futurist*, v. 43, n. 2, p. 33-37, 2009.

CHANG, D. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, v. 95, n. 3, p. 649-655, 1996.

CHARTER, M.; CLARK, T. **Sustainable Innovation**: Key conclusions from sustainable innovation conferences 2003-2006 organised by The Centre for Sustainable Design. Farnham: Centre for Sustainable Design and University College for the Creative Arts, 2007. 48 p.

CHESBROUGH, H. The logic of open innovation: managing intellectual property. *California management review*, v. 45, n. 3, p. 33-58, 2003.

CLEMENTE, F.; FERREIRA, D. M.; LÍRIO, V. S. Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável (IDS) do estado do Ceará. *RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico*, v. 8, n. 24, p. 45-58, 2011.

ÇOBAN, O.; ROZIYEV, N.; KARASIOĞLU, F. Eco-Innovation as a New Sustainable Development Strategy: Case Studies. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, v. 6, n. 8, p.1112-1119, 2012.

COMMISSION ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Indicators of sustainable development**: framework and methodologies. Paper n. 3, 9<sup>a</sup> session. New York: Department of Economic and Social Affairs and Division for Sustainable Development, 2001. 294 p.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES EM BIOTECNOLOGIA. **Glossário**. CIB, 2005. Disponível em: < <http://cib.org.br/biotec-de-a-a-z/glossario/>>. Acesso em: 20/03/2015.

COSTANZA, R. **Ecological economics**: the science and management of sustainability. New York: Columbia Press, 1991. 525 p.

COSTA, C. A.; GARCIA, F. J. Critérios de julgamento dos prêmios de inovação. In: DALL'ALBA, E. (Coord.). **Global Manager**, n.15, ano 8. Caxias do Sul: Faculdade da Serra Gaúcha, 2008. p.19-37.

CUNHA, C. R.; MELO, M. C. O. L. A confiança nos relacionamentos interorganizacionais: o campo da biotecnologia em análise. **RAE electron.**, v. 5, n. 2, art. 18. p. 1-26, 2006.

DA SILVEIRA, J. M. F. J.; FUTINO, A. M.; OLALDE, A. R. Biotecnologia: corporações, financiamento da inovação e novas formas organizacionais. **Revista Economia e Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 129-164, 2002.

DAHL, A. L. The Big Picture: Comprehensive Approaches. *In: Moldan, B.; Bilharz, S. (Eds.) Sustainability Indicators: Report of project Indicator of Sustainable Development.* Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1997.

DAROIT, D.; NASCIMENTO, L. F. Dimensões da inovação sob o paradigma do desenvolvimento sustentável. *In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO*, 28, 2004, Curitiba. *Anais...* Curitiba: ANPAD, 2004.

DE CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F.; CURI, R. C. Uso da análise multicritério na construção de um índice de sustentabilidade hidroambiental: estudo em municípios paraibanos. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 2, p. 3-26, 2013.

DE GODOY, S. G. M.; PAMPLONA, J. B. O protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento. *Pesquisa & Debate.* **Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política**, v. 18, n. 2, p. 329-353, 2007.

DEMO, P. **Introdução à metodologia da ciência.** São Paulo: Atlas, 1985. 122 p.

DIAMANTOPOULOS, A.; WINKLHOFER, H. M. Index construction with formative indicators: An alternative to scale development. **Journal of marketing research**, v. 38, n. 2, p. 269-277, 2001.

DIAZ, R. M. Indicadores de sostenibilidad y modelos multicriterios: perspectivas futuras. **Ecodiseño & sostenibilidad**, v. 2, n. 1, p. 87-102, 2010.

DUTTA, S.; GURRY, F. **The Global Innovation Index 2012: Stronger innovation linkages for global growth.** Fontainebleau: INSEAD e WIPO, 2012. 464 p.

EDWARDS, W. The theory of decision making. **Psychological bulletin**, v. 51, n. 4, p. 380-417, 1954.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: The triple bottom line of sustainability.** Gabriola Island: New Society Publishers, 1998. 407 p.

ELLIOTT, J. **An introduction to sustainable development.** 3 ed. New York: Routledge, 2006. 283 p.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas.** Florianópolis: Insular, 2001. 296 p.

ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S. R. MCDA: a constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. **International Transactions in Operational Research**, v. 7, n. 1, p. 79-100, 2002.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ROCHA, S.; MARAFON, A. D.; MEDAGLIA, T. Modelo multicritério de apoio à decisão construtivista no processo de avaliação de fornecedores. **Revista Produção**, v. 23, n. 2, p. 402-421, São Paulo, 2013.

ETZKOWITZ, H. **The triple helix: university-industry-government innovation in action**. New York: Routledge, 2010. 164 p.

EUROPEAN COMMISSION. **Sustainable development indicators: overview of relevant FP-funded research and identification of further needs**. 7<sup>a</sup> Framework Programme. Bruxelas: European Commission, 2009. 127 p.

EUROPEAN COMMISSION. **Green Paper on Innovation**. COM 95, v. 688, 1995. 136 p.

FAN, ZP; HU, GF; XIAO, SH. A method for multiple attribute decision-making with the fuzzy preference relation on alternatives. **Computers & Industrial Engineering**, v. 46, n. 2, p. 321-327, 2004.

FÁRI, M. G.; KRALOVÁNSZKY, U. P. The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky. **Int J Horti Sci**, v. 12, n. 1, p. 9-12, 2006.

FARID, H.; SILONG, A. D.; ISMAIL, I. A.; SARKAR, S. K. Optimizing the acceleration of biotechnology innovation in government programs. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 35, p. 8758-8766, 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **BrasilFoodTrends2020**. São Paulo: DEAGRO, 2010. 176 p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO AMAZONAS – FIEAM. **Estudo Setorial – Alimentos e bebidas no Amazonas**. Manaus: Brazil4Business, 2016. 23p.

FELIPE, M. S. S. Desenvolvimento tecnológico e inovação no Brasil: desafios na área de biotecnologia. **Novos Estudos-CEBRAP**, n. 78, p. 11-14, 2007.

FERREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. **Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas: o modelo lógico do programa segundo tempo**. Texto para discussão n. 1369. Brasília: IPEA, 2009. 47 p.

FERRO, E. S. Biotecnologia Translacional: hemopressina e outros peptídeos intracelulares. **Estud. av. [online]**, v. 24, n. 70, p. 109-121, 2010.

FIGUEIRA, J.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. ELECTRE methods. *In*: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Eds.). **Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys**. New York: Springer, 2005. p. 133-153.

FIGUEIREDO, P. N. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. **São Paulo em perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 54-69, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Biotechnologies for Agricultural Development**. Roma: FAO, 2011. 594 p.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Alimentos funcionais e suas perspectivas no mercado brasileiro. n. 30, pp. 84-85, 2014.

FORMAN, E. H.; SELLY, M. A. **Decision by objectives**: how to convince others that you are right. New Jersey: World Scientific Publishing, 2001. 420 p.

GALDAMÉZ, E. V. C.; CARPINETTI, L. C. R.; GEROLAMO, M. C. Proposta de um sistema de avaliação do desempenho para arranjos produtivos locais. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 16, n. 1, p. 133-151, 2009

GARCIA, J. L.; MARTINS, H. O ethos da ciência e suas transformações contemporâneas, com especial atenção à biotecnologia. **Scientia e Studia**, v. 7, n. 1, p. 83-104, 2009.

GARCIA, R; CALANTONE, R. A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. **Journal of Product Innovation Management**, v. 19, n. 2, p.110-132, 2002.

GARNICA, J. R. V.; CONTRERAS, F. A. G. Los clusters industriales: precisión conceptual y desarrollo teórico. **Cuad. Adm.**, Bogotá (Colômbia), v. 20, n. 33, p. 303-322, 2007.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas em pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

GILBERT, J. K. Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 15-24, 1995.

GIOVANNINI, F.; KRUGLIANSKAS, I. Fatores críticos de sucesso para a criação de um processo inovador sustentável de reciclagem: um estudo de caso. **RAC**, Curitiba, v. 12, n. 4, p. 931-951, 2008.

GNONI, M. G.; DE FELICE, F.; PETRILLO, A. A Multi-Criteria Approach for Strategic Evaluation of Environmental Sustainability in a Supply Chain. **International Journal of Business Insights & Transformation**, v. 3, n. especial, p. 54-81, 2011.

GODINHO, M. M. Indicadores de C&T, inovação e conhecimento: onde estamos? Para onde vamos? **Análise Social**, v. 42, n. 182, p. 239-274, 2007.

GÓES, A. C. S.; OLIVEIRA, B. V. X. Projeto Genoma Humano: um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista *Ciência Hoje*. **Ciênc. educ. (Bauru)** [online], v. 20, n. 3, p. 561-577, 2014.

GOLLE, D. P.; REINIGER, L. R. S.; CURTI, A. R.; BEVILACQUA, C. B. Melhoramento florestal: ênfase na aplicação da biotecnologia. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1606-1613, 2009.

GOMEZ, P. A. O design como diferencial competitivo para alavancar as exportações nas pequenas e médias empresas do setor moveleiro. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

GÓMEZ-NAVARRO, T.; GARCÍA-MELÓN, M.; ACUÑA-DUTRA, S.; DÍAZ-MARTÍN, D. An environmental pressure index proposal for urban development planning based on the analytic network process. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 29, n. 5, p. 319-329, 2009.

GORBANEFF, Y.; AARÓN, I. C.; CHÁVEZ, C.. Structural restrictions on innovation in Colombian biotechnology. **Cuadernos de Administración**, v. 19, n. 31, p. 103-143, 2006.

GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R.; JAFARIAN, A. A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 345-354, 2013.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. **Living Planet Report 2014**. Oakland: WWF.org, 2014. 180 p.

GUGLIELMETTI, F. R.; MARINS, F. A. S.; SALOMON, V. A. P. Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 23., 2003, Ouro Preto. *Anais...Ouro Preto: ABEPRO*, 2003.

HABIB, M.; KHAN, R.; PIRACHA, J. L. Analytic network process applied to R&D project selection. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IEEE*, 7., 2009, Carachi, *Anais... Carachi: IEEE*, 2009, p. 274-280.

HALL, J; VREDENBURG, H. The challenges of innovating for sustainable development. **Sloan Management Review**, v. 45, n.1, p. 61-68, 2003.

HAMMOND. A. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington: World Resources Institute, 1995. 58 p.

HANSEN, E. G.; GROSSE-DUNKER, F.; REICHWALD, R. Sustainability innovation cube - a framework to evaluate sustainability-oriented innovations. **International Journal of Innovation Management**, v. 13, n. 04, p. 683-713, 2009.

HARDI, P.; ZDAN, T. **Principles in practice**. Winnipeg: IISD, 1997. 175 p.

HARDI, P.; JESINGHAUS, J. Dashboard of sustainability: indicator guidance to the 21ST century. **ENB on the side**, Johannesburg, v. 10, n. 5, p. 1-6, 2002.

HELLSTRÖM, T. Dimensions of environmentally sustainable innovation: the structure of eco-innovation concepts. **Sustainable Development**, v. 15, n. 3, p. 148-159, 2007.

HERNÁNDEZ, M. C. Propuesta de apoyo para una Gestión eficiente de la biotecnología. **Revista EAN**, n. 62, p. 5-26, 2008.

HERNÁNDEZ, T. C. Modelo de gerenciamento da logística reversa integrado às questões estratégicas das organizações. 2010. 173 fls. Tese (Doutorado Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010.

HOFF, D. M.; PEDROZO, E. A.; FREITAS, A. S.; PAVINATO, A. Percurso da difusão da inovação tecnológica no agronegócio: o caso do plantio direto no Rio Grande do Sul. **Ensaios FEE**, Porto Alegre, v. 31, n. 2, p. 477-502, 2010.

HOLLANDERS, H.; TARANTOLA, S. **Innovation Union Scoreboard 2010**: Methodology report. Maastricht: MERIT and Joint Research Centre, 2011. 72 p.

HORBACH, J. Methodological Aspects of an Indicator System for Sustainable Innovation. In: \_\_\_\_\_ (Ed.). **Indicators Systems for Sustainable Innovation**. New York: Physica-Verlag Heidelberg, 2005. p. 1-19.

HSU, C. W.; HU, A. H.; CHIOU, C. Y.; CHEN, T. C. Using the FDM and ANP to construct a sustainability balanced scorecard for the semiconductor industry. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 10, p. 12891-12899, 2011.

HUPPES, G., KLEIJN, R., HUELE, R., EKINS, P., SHAW, B., ESDERS, M.; SCHALTEGGER, S. **Measuring eco-innovation**: framework and typology of indicators based on causal chains: final report of the ECODRIVE Project. Londres: European Commission, 2008. 167 p.

HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making**: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey. New York: Springer Berlin Heidelberg, 1981. 269 p.

INTERNATIONAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL KNOWLEDGE, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT – IAASTD. **Agriculture at a crossroads**: Global report. Washington: Island Press, 2009. 606 p.

INOMATA, D. O. O fluxo da informação tecnológica: uma análise no processo de desenvolvimento de produtos biotecnológicos. 2012, 283 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Inovação Tecnológica**: (PINTEC) 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Índices compostos de inovação**: uma proposta de cálculo de ratings para empresas e projetos. Nota técnica nº 13. Brasília: IPEA, 2013.

IPIRANGA, A. S. R.; ALMEIDA, P. C. H. O tipo de pesquisa e a cooperação universidade, empresa e governo: uma análise na rede nordeste de biotecnologia. **Revista O&S - Salvador**, v.19, n.60, p. 17-34, 2012.

JANNUZZI, P. M. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. **Revista de Administração Pública**, v. 36, n. 1, p. 51-72, 2002.

JANNUZZI, P. M.; MIRANDA, W. L.; SILVA, D. S. G. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Revista Informática Pública**, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2009.

JAYATHILAKE, B.; SHUHUA, H. Exploring Innovativeness of Small and Medium Enterprises in Sri Lankan. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION & MANAGEMENT*, 9., 2012, Malasya. *Anais...* Wuhan: Wuhan University of Technology Press, 2012. p. 432-438.

JESUS, K. R. E. **Sistema de avaliação de impactos de inovações tecnológicas: INOVA-tec system v. 2.0.** Documento 86. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 34 p.

JIWU, W.; LUCHENG, H.; WENQUANG, L.; JIAN, L. Evaluation on the industrialization potential of emerging technologies using the analytic network process. *In: CONFERENCE MANAGEMENT OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY*, 2007, Portland. *Anais...* Portland: IEEE, 2007. p. 1209-1219.

JUDICE, V. M. M.; BAETA, A. M. C. Modelo empresarial, gestão de inovação e investimentos de *venture capital* em empresas de biotecnologia no Brasil. **Rev. adm. contemp.**, v.9, n.1, p. 171-191, 2005.

JUDICE, V. M. M.; SILVA, S. M.; BAETA, A. Inovação e internacionalização bioindustrial em Minas Gerais 2001-2004: como potencializar oportunidades e avançar rumo a 2020? **Cadernos EBAPE. BR**, v. 3, n. SPE, p. 01-17, 2005.

KEINERT, T. M. M. **Administração pública no Brasil: crise e mudanças de paradigmas.** 2 ed. São Paulo: Annablume/Fapesp, 2007. 212 p.

KEMERICH, P. D. C.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F.; SILVEIRA, R. B.; FRANÇA, J. R.; LEVANDOSKI, N. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, pp. 241-247 2016.

KEMP, R.; PEARSON, P. **Final report MEI project about measuring eco-innovation.** Maastricht: Eurostat, EEA and JRC, 2007. 120 p.

KEYSER, W.; PEETERS, P. A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods. **European Journal of Operational Research**, v. 89, n. 3, p. 457-461, 1996.

KIM, C.; LEE, H.; SEOL, H.; LEE, C. Identifying core technologies based on technological cross-impacts: An association rule mining (ARM) and analytic network process (ANP) approach. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 10, p. 12559-12564, 2011.

KIRYTOPOULOS, K.; VOULGARIDOU, D.; PLATIS, A.; LEOPOULOS, V. An effective Markov based approach for calculating the Limit Matrix in the analytic network process. **European Journal of Operational Research**, v. 214, n. 1, p. 85-90, 2011.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation: The positive sum strategy. **Academy of Engineering Press**, Washington, p. 275-305, v. 14, 1986.

KNEIPP, J. M.; ROSA, L. A. B.; BICHUETI, R. S.; MADRUGA, L. R. R. G.; SCHUCH JÚNIOR, V. F. Emergência temática da inovação sustentável: uma análise da produção

científica através da base Web of Science. **Rev. Adm. UFSM**, Santa Maria, v. 4, n. 3, p. 442-457, 2011.

KÖNE, A. Ç.; BÜKE, T. An Analytical Network Process (ANP) evaluation of alternative fuels for electricity generation in Turkey. **Energy Policy**, v. 35, n. 10, p. 5220-5228, 2007.

KROHLING, R. A.; CAMPANHARO, V. C. Fuzzy topsis para tomada de decisão multicritério: uma aplicação para o caso de acidentes com derramamento de óleo no mar. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 41., 2009, Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro: SOBRAPO, 2009. p. 1731-1742.

KUMMER, A. A. Orientação para a sustentabilidade nas atividades de inovação e desempenho organizacional sustentável: o caso das empresas participantes dos APLs do sudoeste do Paraná. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

LAGO, A. A. C. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo**: o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas. Brasília: Thesaurus Editora, 2007. 276 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003. 310 p.

LAWN, P. A. An assessment of the valuation methods used to calculate the index of sustainable economic welfare (ISEW), genuine progress indicator (GPI), and sustainable net benefit index (SNBI). **Environment, Development and Sustainability**, v. 7, n. 2, p. 185-208, 2005.

LEE, M. C. A Method of Performance Evaluation by Using the Analytic Network Process and Balanced Score Card. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONVERGENCE INFORMATION TECHNOLOGY*, 2007, Gyeongju. *Anais...* Gyeongju: IEEE, 2007. p. 235-240.

LEE, H.; LEE, S.; PARK, Y. Selection of technology acquisition mode using the analytic network process. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 49, n. 5, p. 1274-1282, 2009.

LEE, H.; KIM, C.; CHO, H.; PARK, Y. An ANP-based technology network for identification of core technologies: A case of telecommunication technologies. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 1, p. 894-908, 2009.

LÉLÉ, S. M. Sustainable development: a critical review. *In: Redclift, M. (Org.). Sustainability: critical concepts in the social science*. New York: Routledge, 2005, v.2, p. 165-170.

LI, B.; BI, R. Using ANP to evaluate technology innovation. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUTURE BIOMEDICAL INFORMATION ENGINEERING*, 2009, Sanya. *Anais...* Sanya: IEEE, 2009. p. 272-275.

LIBRELOTTO, L. I. Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações. 2005. 371 fls. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LIMA, T. M.; OLIVEIRA, J. C.; SILVA, H. R.; FERNANDES, B. M.; MARTINS, T. A. Perspectivas para utilização do resíduo de Açaí em Axixá-MA: a solução está nos resíduos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.

LIMA JUNIOR, F. R. Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

LIMA JUNIOR, F. R.; CERVI, A. F. C.; CARPINETTI, L. C. R. Uma metodologia multicritério baseada em inferência fuzzy para classificação ABC de estoques. **PODes – Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v.6, n.3, p. 343-366, 2014.

LONGANEZI, T.; COUTINHO, P. L. A.; BOMTEMPO, J. V. M. Um modelo referencial para a prática da inovação. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 3, n. 1, p. 74-83, 2008.

LÓPEZ, M. V.; GARCIA, A.; RODRIGUEZ, L. Sustainable development and corporate performance: A study based on the Dow Jones sustainability index. **Journal of Business Ethics**, v. 75, n. 3, p. 285-300, 2007.

LUNDEVALL, B. (Ed.). **National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning**. New York: Anthem Press, 2010. 388 p.

LUZ, S. O. C.; SELLITTO, M.; GOMES, L. P. Medição de desempenho ambiental baseada em método multicriterial de apoio à decisão: estudo de caso na indústria automotiva. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 3, p. 557-570, 2006.

LYNN, G. S.; AKGUN, A. E. Innovation Strategies under Uncertainty: A Contingency Approach for New Product Development. **Engineering Management Journal**, v. 10, n. 3, p. 11-17, 1998.

LYSON, T. A. Advanced agricultural biotechnologies and sustainable agriculture. **Trends in Biotechnology**, v. 20, n. 5, p. 193-196, 2002.

MACHADO, C. J. S.; TEIXEIRA, M. O. Descoberta, invenção e inovação segundo os estudos sociais anglo-saxões e europeus das ciências. **Revista de Ciência da Informação**, v.8 n.2, p. 1-35, 2007.

MARANHO, A. S.; PAIVA, A. V. Emergência de plântulas de Supiarana (*Alchornea discolor Poepp.*) em substrato composto por diferentes porcentagens de resíduo orgânico de Açaí. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 1, p. 85-98, 2011.

MARQUES, A.; ABRUNHOSA, A. **Do modelo linear de inovação à abordagem sistêmica: aspectos teóricos e de política económica**. Discussion Paper n. 33. Coimbra: Centro de Estudos da União Europeia (CEUNEUROP) e FEUC, 2005. 43 p.

MARQUES, L. G.; SANTOS, M. R. M. C.; SIMÕES, E. R.; CAVALCANTE FILHO, M. F.; MORAIS, L. S.; PESSOA, Ó. C. Propriedade intelectual no agronegócio e na biotecnologia. In: RUSSO, S. L.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, L. B.; NUNES, M. A. S. N. (Org.).

**Capacitação em Inovação Tecnológica para Empresários.** v. 2. São Cristóvão: Editora UFS, 2012. p. 91-130.

MARQUEZ, S. O. M. Modelos de representação do conhecimento: avaliação estrutural dos tesouros em biotecnologia. 2007, 133f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

MAYOR, F. As biotecnologias no início dos anos noventa: êxitos, perspectivas e desafios. **Estudos Avançados**, v. 6, n. 16, p. 07-28, 1992.

MCMILLAN, G. S.; NARIN, F.; DEEDS, D. L. An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology. **Research policy**, v. 29, n. 1, p. 1-8, 2000.

MEADE, L. M.; PRESLEY, A. R&D project selection using the analytic network process. **Engineering Management, IEEE Transactions on**, v. 49, n. 1, p. 59-66, 2002.

MEDINECKIENE, M.; ZAVADSKAS, E. K.; BJÖRK, F.; TURSKIS, Z. Multi-criteria decision-making system for sustainable building assessment/certification. **Archives of Civil and Mechanical Engineering**, v. 15, n. 1, p. 11-18, 2015.

MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; LINS, M. P. E. Análise multicritério da presença da Universidade Federal Fluminense com o uso do método Macbeth. **Prod. [online]**, v. 11, n. 2, p. 53-67, 2002.

MELO, W. S. **Avaliação Tecnológica da Potencialidade do fruto Buriti (*Mauritia flexuosa*)**. 2008. 75 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém. 2008.

MELO, R. M.; MEDEIROS, D. D.; ALMEIDA, A. T. A multicriteria model for ranking of improvement approaches in construction companies based on the PROMETHÉE II method. **Production**, v. 25, n. 1, p. 69-78, 2015.

MENEGARIO, A. C. F. Expectativa do consumidor de bebida funcional não alcoólica e percepção de alimentos funcionais. 113 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição. Araraquara, 2014.

MEMARIANI, A.; AMINI, A.; ALINEZHAD, A. Sensitivity analysis of simple additive weighting method (SAW): the results of change in the weight of one attribute on the final ranking of alternatives. **Journal of Industrial Engineering**, v. 4, p. 13-18, 2009.

MEYER, HP. Sustainability and biotechnology. **Organic Process Research & Development**, v. 15, n. 1, p. 180-188, 2010.

MICAËLLI, J. P.; FOREST, J.; COATANEA, E.; MEDYNA, G. How to improve Kline and Rosenberg’s chain-linked model of innovation: building blocks and diagram-based languages. **Journal of Innovation Economics and Management**, v. 3, n. 15, p. 59-77, 2014.

MILES, I.; CUNNINGHAM, D. **Smart Innovation: A Practical Guide to Evaluating Innovation Programmes: Supporting the Monitoring and Evaluation of Innovation Programmes**. Bruxelas: LL&A, PREST and ANRT, 2006. 199 p.

MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. *In: REDCLIFT, M. (Ed.). Sustainability: Critical concepts in the social science*. New York: Routledge, v.3, 2006. p. 237-256.

MITTRA, J.; TAIT, J.; WIELD, D. From maturity to value-added innovation: lessons from the pharmaceutical and agro-biotechnology industries. **Trends in biotechnology**, v. 29, n. 3, p. 105-109, 2011.

MORESI, E. (Org.). **Metodologia da Pesquisa**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2003. 108 p.

MORRIS, E. J. Modern biotechnology - Potential contribution and challenges for sustainable food production in sub-Saharan Africa. **Sustainability**, v. 3, n. 6, p. 809-822, 2011.

MUNDA, G. **Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy**. Berlin: Springer, 2008. 210 p.

MUNIZ, S. Investimento recente, capacitação tecnológica e competitividade. **São Paulo Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 98-107, 2000.

NAHAS, M. I. P. Indicadores intra-urbanos como instrumentos de gestão da qualidade de vida urbana em grandes cidades: discussão teórico-metodológica. *In: VITTE, C. C. S.; KEINERT, T. M. M. (Orgs.). Qualidade de vida, planejamento e gestão urbana: discussões teórico-metodológicas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 310 p.

NASCIMENTO, P. F. G. Gestão da Inovação: Análise do Grau de Maturidade em Empresas de TI do Estado de Minas Gerais. 2009. 106 fls. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Fundação Pedro Leopoldo, Belo Horizonte, 2009.

NEIRA, E.; CASTILLO, M.; LESMES, D. Analytic network process (ANP): an approach to estimate the Colombian baby diapers market share. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS*, 10., 2009, Pittsburgh. *Anais...* Pittsburgh: University of Pittsburgh, 2009. CD.

NEUMAYER, E. The ISEW is not an Index of Sustainable Economic Welfare. **Social indicators research**, v. 48, n. 1, p. 77-101, 1999.

NICHIOKA, J. Análise da sustentabilidade organizacional: o caso da construção civil. 2008. 262 fls. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

NICOL, D.; NIELSEN, J. L.; LIDDICOAT, J. E.; CRITCHLEY, C.; WHITTON, T. The Innovation Pool in Biotechnology: The Role of Patents in Facilitating Innovation. **Social Science Research Network**, n. 8, p. 1-334, 2014.

NIELSEN, J. **Designing web usability: The practice of simplicity**. Thousand Oaks: New Riders Publishing, 1999. 419 p.

OLIVEIRA, L. G. L.; IPIRANGA, A. S. R. A inovação sustentável e a dinamização do sistema local do agronegócio do caju cearense. **Contextus**, v. 7, n. 1, p. 55-68, 2009.

OLIVEIRA, M. S. P.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí (Euterpe oleracea Mart.)**. Embrapa: Belém, 2000. 49 p.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia Científica**: um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão: Universidade Federal de Goiás, 2011. 73 p.

OLIVEIRA, M.; FONTES, D. B. M. M.; PEREIRA, T. Multicriteria decision making: a case study in the automobile industry. **FEP Working Papers**, n. 483, p. 1-17, 2013.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **The application of biotechnology to industrial sustainability** – a primer. JAWORSKI, J. (Org.). Canada: OCDE Publications, 2001. 19 p.

\_\_\_\_\_(1997). **Manual de Oslo**: Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Brasil: FINEP, 2004a. 136 p.

\_\_\_\_\_. **Biotechnology for sustainable growth and development**. Paris: OCDE Publications, 2004b. 13 p.

\_\_\_\_\_. **A Framework for Biotechnology Statistics**. Paris: OCDE Publications, 2005. 52 p.

\_\_\_\_\_. **Frascati Manual 2002**: Metodologia proposta para levantamentos sobre pesquisa e desenvolvimento experimental. Brasil: F-INICIATIVAS, 2013. 324 p.

PAECH, N. Richtungssicherheit im nachhaltigkeitsorientierten Innovationsmanagement. In: FICHTER, K.; PAECH, N.; PFRIEM, R. (EDS.) **Nachhaltige Zukunftsmärkte**. Marburg: Metropolis, 2005. p. 323-350.

PAIXÃO, A. E. A.; SILVA, C. A.; SILVA, S. C. Noções de elaboração de projetos de PD&I. In: RUSSO, S. L.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, L. B.; NUNES, M. A. S. N. (Org.). **Capacitação em Inovação Tecnológica para Empresários**. v. 2. São Cristóvão: Editora UFS, 2012. p. 131-158.

PAREDES, B. J. B.; SANTANA, G. A.; DE ALBUQUERQUE FELL, A. F. Um estudo de aplicação do Radar da inovação: o grau de inovação organizacional em uma empresa de pequeno porte do setor Metal-mecânico. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 76-88, 2014.

PEREIRA, C. V. L. **Extratos bioativos de frutos amazônicos por química verde**: extração por líquido pressurizado (PLE) e fluído supercrítico (SFE). 2015. 96 fls. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2015.

PINHEIRO A. A.; SIANI A. C.; GUILHERMINO J. F.; HENRIQUES M. G. M. O.; QUENTAL C. M.; PIZARRO A. P. B. Metodologia para gerenciar projetos de pesquisa e desenvolvimento com foco em produtos: uma proposta. **Rev Adm Publica**, v. 40, n. 3, p. 457-478, 2006.

PINHEIRO, R. G.; SANTOS, I. C.; MAIA, C.; FERNANDES, B. A. O. F. A produção científica sobre inovação: análise da base SciELO no período de 2005 a 2012. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 10, n. 1, p. 36-48, 2014.

PINTÉR, L.; ALMASSY, D.; ANTONIO, E.; NIESTROY, I.; OLSEN, S.; PULAWSKA, G. **Sustainable Development Goals and Indicators for a Small Planet**. Singapura: ASEF, 2014. 84 p.

PISANO, G. P. The governance of innovation: vertical integration and collaborative arrangements in the biotechnology industry. **Research Policy**, v. 20, n. 3, p. 237-249, 1991.

POWELL, W. W.; KOPUT, K. W.; SMITH-DOERR, L. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. **Administrative science quarterly**, v. 41, n. 1, p. 116-145, 1996.

POZZO, D. N. O perfil do consumidor de alimentos funcionais: um estudo bibliográfico das tendências mundiais. **Gestão contemporânea: revista de negócios do CESUCA**, v. 1, n. 2, pp.18-37, 2014.

PRABHU, R.; COLFER, C. J. P.; DUDLEY, R. G. **Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management: a C&I developer's reference**. Jakarta: CIFOR, 1999. 186 p.

QUINN, J. B. Managing innovation: controlled chaos. **Harvard Business Review**, v. 63, n. 3, p. 73-84, 1985.

RAUD, C. Os alimentos funcionais: a nova fronteira da indústria alimentar análise das estratégias da danone e da nestlé no mercado brasileiro de iogurtes. **Revista de Sociologia e Política**, v. 16, n. 31, p. 85-100, 2008.

REIG, E.; AZNAR, J.; ESTRUCH, Vicente. A comparative analysis of the sustainability of rice cultivation technologies using the analytic network process. **Spanish journal of agricultural research**, v. 8, n. 2, p. 273-284, 2010.

REZENDE, Y. Natura Cosméticos: conhecendo pessoas e gerando inovação. *In*: CYRINEU, J. C. (Org.). **Gestão do conhecimento e E-learning na prática**. Rio de Janeiro: Campus, 2003. p.60-64.

REZENDE, Y. Natura cosméticos: quando é virtuoso ser virtual. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 26, n. 2, 1997.

ROCHA NETO, I. Inovação Tecnológica. **Revista Educação & Tecnologia**, n. 2, p. 1-8, 1997.

ROCHA, E. M. P.; FERREIRA, M. A. T. Indicadores de ciência, tecnologia e inovação: mensuração dos sistemas de CT&I nos estados brasileiros. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 3, p.61-68, 2004.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 349-375, 2002.

RODRIGUES, L. H.; SCHUCH, C.; PANTALEÃO, L. H. Uma abordagem para construção de sistemas de indicadores alinhando a teoria das restrições e o Balanced Scorecard. *In*: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-

GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 27., 2003, Atibaia. *Anais...Atibaia*: ANPAD, 2003. CD ROM.

ROGERS, E. M. **Diffusion Of Innovations**. 5 ed. New York: Free Press, 2003. 576 p.

ROMERO, M.; ANDRADE, L.; GUIA G.; SILVEIRA, A. L.; MORAIS, V. Construindo um sistema de indicadores de sustentabilidade intra-urbana. *In: ENCONTROS NACIONAIS DA ANPUR*, 11., 2005. Salvador. *Anais...* Salvador: ANPUR, 2005.

ROY, B. Classement et choix en présence de points de vue multiples. **Revue française d'automatique, d'informatique et de recherche opérationnelle. Recherche opérationnelle**, v. 2, n. 1, p. 57-75, 1968.

RUA, M. G. **Desmistificando o problema: uma rápida introdução ao estudo dos indicadores**. Texto apresentado na oficina temática do PROMOEX-Avaliação de Resultados no Ciclo da Gestão Pública. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública, 2004.

RUSSO, S. L.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, L. B.; NUNES, M. A. S. N.; VASCONCELOS, J. S.; SANTOS, M. M. A. Propriedade Intelectual. *In: RUSSO, S. L.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, L. B.; NUNES, M. A. S. N. (Org.). Capacitação em Inovação Tecnológica para Empresários*. 2 v. São Cristóvão: Editora UFS, 2012. p. 56-87.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation**. New York: McGraw, 1980. 287 p.

\_\_\_\_\_. **Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process**. Pittsburgh: RWS Publications, 1996. 370 p.

\_\_\_\_\_. **Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world**. Pittsburgh: RWS Publications, 1999. 292 p.

\_\_\_\_\_. Fundamentals of the analytic network process—multiple networks with benefits, costs, opportunities and risks. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 3, p. 348-379, 2004.

\_\_\_\_\_. The analytic network process. *In: SAATY, T. L.; VARGAS, L.G.(Orgs.). Decision making with the analytic network process*. New York: Springer, 2006. p. 1-26.

\_\_\_\_\_. The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: Applications to Decisions under Risk. **European Journal of Pure and Applied Mathematics**, v. 1, n. 1, p. 122-196, 2008.

\_\_\_\_\_. The analytic network process. **Iranian Journal of Operations Research**, v. 1, n. 1, p. 1-27, 2008.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI: Desenvolvimento e Meio ambiente**. São Paulo: Studio Nobei/FUNDAP, 1993, 103 p.

SALOMON, V. A. P. Desempenho da modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção. 2004. 122 fls. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SAMUEL, V. B.; AGAMUTHU, P.; HASHIM, M. A. Indicators for assessment of sustainable production: A case study of the petrochemical industry in Malaysia. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 392-402, 2013.

SÁNCHEZ-MEJÍA, M.; GUTIÉRREZ-TERÁN, A.M. Proceso de Construcción del Sistema Regional de Innovación de la Biotecnología para la Agricultura, la Agroindustria y la Bioindustria-SRIB en el Valle del Cauca-Colombia. **Journal of technology management & innovation**, v. 8, n. 1, p. 52-52, 2013.

SANTOS, P. A. B. S. Da academia ao mercado: um estudo sobre a abordagem da inovação no programa multi-institucional de pós-graduação em biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas. 2013. 196 fls. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

SARTORE, M. S. Estado, mercado e índices de sustentabilidade. **Sociedade e Estado**, v. 27, n. 3, p. 631-651, 2012.

SARTORIUS, C. Indicators for a sustainable technology development: a dynamic perspective. In: HORBACH, J. (Ed.). **Indicators Systems for Sustainable Innovation**. New York: Physica-Verlag Heidelberg, 2005. p. 42-70.

SAQUETTO, T. C.; CARNEIRO, T. C. J.; NETO, A. S.; THOMAZINI, N. S. Inovação tecnológica: uma análise da publicação científica sobre o tema de 2001. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: CNEG, 2011. CD-ROM.

SAWHNEY, M.; WOLCOTT, R. C.; ARRONIZ, I. The 12 different ways for companies to innovate. **Sloan Management Review**, v. 47, n. 3, p. 28-34, 2011.

SCHENBERG, A. C. G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. **Estudos avançados**, v. 24, n. 70, p. 07-17, 2010.

SCHUMPETER, J. A. **The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle**. Cambridge: Harvard University Press v. 46, 1934. 255 p.

SCHWARTZMAN, S. A pesquisa científica e o interesse público. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 1, n. 2, p. 361-395, 2002.

SEGHEZZO, L. The five dimensions of sustainability. **Environmental Politics**, v. 18, n. 4, p. 539-556, 2009.

SEGNESTAM, L. **Indicators of environment and sustainable development: theories and practical experience**. Washington: World Bank, 2002. 53 p.

SERRA, F. A. R.; FERREIRA, M. P.; MORAES, M.; FIATES, G. A inovação numa empresa de base tecnológica: o caso da Nexxera. **J. Technol. Manag. Innov.**, v. 3, n. 3, p. 129-141, 2008.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **Boletim: Produção nacional de açaí**. Brasília: SEBRAE, 2015. 16 p.

SHARMA, S.; DWIVEDI, J.; JHA, A. K. Role of biotechnology in sustainable development. **IJRAP**, v.1, n. 1, p. 43-46, 2010.

SHIELDS, D. J.; ŠOLAR, S. V.; MARTIN, W. E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicators**, v. 2, n. 1, p. 149-160, 2002.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA, A. C. S.; OLIVEIRA, C. A.; BELDERRAIN, M. C. N. Analytic Network Process. *In*: MARINS, F.A.S.; PEREIRA, M.S.; BELDERRAIN, M.C.N.; URBINA, L.M.S. (Org.) **Métodos de Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios**: Aplicações na Indústria Aeroespacial. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. p. 21–39.

SILVA, F.G.; HARTMAN, A.; REIS, D.R. Avaliação do nível de inovação tecnológica nas organizações: desenvolvimento e teste de uma metodologia. **Revista Produção Online**, v.8, n.4, p. 1-28, 2008.

SILVA, L. S. A.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade empresarial e o impacto no custo de capital próprio das empresas de capital aberto. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 3, p. 385-395, 2006.

SILVEIRA, R. M. C. F. e BAZZO, W. Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009.

SIPAHI, S.; TIMOR, M. The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications. **Management Decision**, v. 48, n. 5, p. 775-808, 2010.

SOUSA, P. B.; SILVA, E. F.; MONCAO, E. C.; SILVA, J. N.; SILVA, M. J. M.; SILVA, M. M. Fenólicos totais, carotenoides e capacidade antioxidante de raspas de buriti (*Mauritia Flexuosa L.*) *in natura* comercializadas em Teresina-Piauí. *In*: V CONGRESSO NORTE E NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, V CONNEPI, 2010, Maceió. *Anais...* Alagoas: 2010.

SOUZA, R. O. S. **Potencial antioxidante extratos obtidos a partir de resíduos de frutos amazônicos**. 2014. 110 fls. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2014.

SOUZA, J. H.; PAULELLA, E. D.; TACHIZAWA, T.; POZO, H. Desenvolvimento de indicadores síntese para o desempenho ambiental. **Saúde e Sociedade**, v. 18, n. 3, p. 500-514, 2009.

STEFANOVITZ, J. P. Contribuições ao estudo da gestão da inovação: proposição conceitual e estudos de casos. 2011. 197 fls. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

STEFANOVITZ, J. P.; NAGANO, M. S. Criação de conhecimento na indústria de alta tecnologia: estudo de casos em projetos de diferentes graus de inovação. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 245-259, 2009.

TALBOT, L. M. The world's conservation strategy. **Environmental Conservation**, v. 7, n. 04, p. 259-268, 1980.

TEECE, D. J.; JORDE, T. M. Innovation and Cooperation: Implications for Competition and Antitrust. **Journal of Economic Perspectives**, v. 4, n. 3, p. 75-96, 1990.

THOMAS, E. Entre a inovação aberta e a inovação fechada: estudos de casos. 2009. 126 fls. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2009.

TIDD, J.; DRIVER, C.. Technological and market competencies and financial performance. *In*: TIDD, J. (Ed.). **From Knowledge Management to Strategic Competence: Measuring Technological, Market and Organisational Innovation**. London: Imperial College Press, 2000, p. 94-125.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**: integração das mudanças tecnológicas, de mercado e organizacionais. Lisboa: Monitor, 2003. 412 p.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 600 p.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 282 p.

TOLOIE-ESHLAGHY, A.; HOMAYONFAR, M. MCDM methodologies and applications: a literature review from 1999 to 2009. **Research Journal of International Studies**, v. 21, p. 86-137, 2011.

TOSTO, S. G.; PEREIRA, L. C. Índice de sustentabilidade ambiental com base em análise multicritério de apoio à decisão. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 9., 2011, Brasília. *Anais...* Brasília: ECOECO, 2011.

TRIANANTAPHYLLOU, E.; SHU, B.; NIETO SANCHEZ, S.; RAY, T. Multi-criteria decision making: an operations research approach. **Encyclopedia of electrical and electronics engineering**, v. 15, p. 175-186, 1998.

TRZESNIAK, P. Indicadores quantitativos: reflexões que antecedem seu estabelecimento. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. 159-164, 1998.

TSENG, M. L.; WANG, R.; CHIU, A. S.; GENG, Y.; LIN, Y. H. Improving performance of green innovation practices under uncertainty. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, n. 7, p. 71-82, 2013.

TUKKER, A. Eight types of product-service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet. **Business strategy and the environment**, v. 13, n. 4, p. 246-260, 2004.

TURAN, F. K.; SCALA, N. M.; SACRE, M. B.; NEEDY, K. L. An Analytic Network Process (ANP) approach to the project portfolio management for Organizational Sustainability. In: INDUSTRIAL ENGINEERING RESEARCH CONFERENCE, 2009, Miami. *Anais...* Miami: Institute of Industrial Engineers, 2009.

TURNER, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 52, p. 20666-20671, 2007.

U.S. CONGRESS. Office of Technology Assessment. Biotechnology in a Global Economy. OTA-BA-494. Washington: U.S. Government Printing Office, 1991. 277 p.

UNITED NATIONS. **Agenda 21**: Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, 1992. 351 p.

UTTERBACK, J. The Process of Innovation: A Study of the Origination and Development of Ideas for New Scientific Instruments. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 18 n. 4, p.124-31, 1971.

VALOIS, Ú.; ALMEIDA, A. T. Modelo de apoio à decisão multicritério para terceirização de atividades produtivas baseado no método SMARTS. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 249-260, 2009.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de Sustentabilidade: Uma análise comparativa. 2002. 235 fls. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

VANDAMME, E.; BIENFAIT C. G. (Orgs.). **Industrial biotechnology and sustainable chemistry**. Bruxelas: BACAS, 2004. 32 p.

VEDOVOTO, G. L.; MARQUES, D. V.; SOUZA, M. O.; AVILA, A. F. D.; RIBEIRO, L. F. M. Avaliação multidimensional dos impactos de inovações tecnológicas: o caso da Embrapa. In: CONGRESSO ABIPTI: OS DESNÍVEIS REGIONAIS E A INOVAÇÃO NO BRASIL, 2008, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: ALICE, 2008.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 39-52, 2010.

VEIGA JR. V. F. **Padronização e aproveitamento biotecnológico de recursos naturais amazônicos**. 56º Congresso Brasileiro de Química. Apresentação Oral. Belém, 2016.

VELEVA, V.; HART, M.; GREINER, T.; CRUMBLEY, C. Indicators for measuring environmental sustainability: A case study of the pharmaceutical industry. **Benchmarking: An International Journal**, v. 10, n. 2, p. 107-119, 2003.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia: Buscando uma definição para o conceito. **Revista PRISMA.COM**, n.7, p. 60-85, 2008.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1998. 88 p.

VIEIRA, I.C.M.; SILVA, J. M. C.; TOLEDO, P. M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 153-164, 2005.

VILHA, A. M.; CARVALHO, R. Q. Desenvolvimento de novas competências e práticas de gestão da inovação voltadas para o desenvolvimento sustentável: estudo exploratório da Natura. **Cadernos EBAPE. BR**, v. 3, n. SPE, p. 01-15, 2005.

VIOTTI, E. B. Um novo indicador de meta-síntese para a política de inovação. **Parcerias Estratégicas**, v. 18, n. 36, p. 151-174, 2013.

VON WINTERFELDT, D.; FISCHER, G. W. **Multiattribute utility theory**: Models and assessment procedures. Michigan: NTIS, 1975. 62 p.

WINOGRAD, M.; FARROW, A. **Sustainable development indicators for decision making**: concepts, methods, definition and use. Dimensions of sustainable development. Boston: Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS ) Publishers, 2002. 33 p.

WOLFSLEHNER, B.; VACIK, H. Mapping indicator models: From intuitive problem structuring to quantified decision-making in sustainable forest management. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 2, p. 274-283, 2011.

WORLD COMMISSION ON ENVIROMENT AND DEVELOPMENT – WCED. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987. 300 p.

WU, C. Global-innovation strategy modeling of biotechnology industry. **Journal of Business Research**, v. 66, n. 10, p. 1994-1999, 2013.

XIAO-DONG, F.; JIAN-HUA, J. Study on the ANP and DEAs quantitative evaluation method for the product innovation supplier in supply chain. *In*: WRI WORLD CONGRESS ON COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION ENGINEERING, 2009, Los Angeles. *Anais...* Los Angeles: IEEE, 2009. p. 468-472.

YAMAGUCHI, K. K. L. Caracterização de substâncias fenólicas de resíduos de frutos amazônicos e avaliação para o uso biotecnológico. 2015. 198 fls. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2015.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 320 p.

YOON, E.; TELLO, S. Drivers of sustainable innovation: Exploratory views and corporate strategies. **Seoul Journal of Business**, v. 15, n. 2, p. 85-115, 2009.

ZACKIEWICZ, M. Trajetórias e desafios da avaliação em ciência, tecnologia e inovação. 2005. 235 fls. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ZECHENDORF, B. Sustainable development: how can biotechnology contribute? **Trends in Biotechnology**, v. 17, n. 6, p. 219-225, 1999.

ZECHENDORF, B. Regional biotechnology: The EU biocluster study. **Journal of Commercial Biotechnology**, v. 17, n. 3, p. 209 – 217, 2011.

ZHOU, P.; ANG, B. W.; POH, K. L. Decision analysis in energy and environmental modeling: An update. **Energy**, v. 31, n. 14, p. 2604-2622, 2006.

---

**APÊNDICE A – Questionário de aplicação do SIMI-Biotech**

CRITÉRIO EM JULGAMENTO	EFEITOS ECONÔMICOS									
	Com relação ao critério EFEITOS ECONÔMICOS, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?									
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B
<b>Escala de desempenho</b>	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	<b>Escala de desempenho</b>
<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>										
0.00										

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS ECONÔMICOS?																			
<b>Consumo</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Descarte</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>
Escala de importância																		<b>Consumo</b>	<b>Descarte</b>
<b>Consumo</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Produção e Logística</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>
Escala de importância																		<b>Consumo</b>	<b>Produção e Logística</b>
<b>Descarte</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Produção e Logística</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>
Escala de importância																		<b>Descarte</b>	<b>Produção e Logística</b>

<b>Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS ECONÔMICOS?</b>																			
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistema de Uso	ESCOLHA DO DECISOR
Escala de importância																		Cultura	Sistema de Uso
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR
Escala de importância																		Cultura	Tecnologia
Sistema de Uso	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR
Escala de importância																		Sistema de Uso	Tecnologia
<b>Qual a relação de importância entre os demais critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS ECONÔMICOS?</b>																			
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos Sociais

CRITÉRIO EM JULGAMENTO	EFEITOS AMBIENTAIS									
	Com relação ao critério EFEITOS AMBIENTAIS, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?									
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B
Escala de desempenho	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	Escala de desempenho
ESCOLHA DO DECISOR										

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS AMBIENTAIS?																			
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte	ESCOLHA DO DECISOR
Escala de importância																		Consumo	Descarte
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	ESCOLHA DO DECISOR
Escala de importância																		Consumo	Produção e Logística
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	ESCOLHA DO DECISOR
Escala de importância																		Descarte	Produção e Logística

<b>Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS AMBIENTAIS?</b>																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistema de Uso	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																			Cultura	Sistema de Uso
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																			Cultura	Tecnologia
Sistema de Uso	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																			Sistema de Uso	Tecnologia
<b>Qual a relação de importância entre os demais critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS AMBIENTAIS?</b>																				
Efeitos econômicos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																			Efeitos econômicos	Efeitos Sociais

<b>CRITÉRIO EM JULGAMENTO</b>	<b>EFEITOS SOCIAIS</b>									
<b>Com relação ao critério EFEITOS SOCIAIS, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?</b>										
<b>Alternativa A</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Alternativa B</b>
<b>Escala de desempenho</b>	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	<b>Escala de desempenho</b>
<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>										

<b>Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS SOCIAIS?</b>																			<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Consumo</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Descarte</b>	<b>Consumo</b>	<b>Descarte</b>
<b>Escala de importância</b>																				
<b>Consumo</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Produção e Logística</b>	<b>Consumo</b>	<b>Produção e Logística</b>
<b>Escala de importância</b>																				
<b>Descarte</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Produção e Logística</b>	<b>Descarte</b>	<b>Produção e Logística</b>
<b>Escala de importância</b>																				

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS SOCIAIS?																			ESCOLHA DO DECISOR	
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistema de Uso	Cultura	Sistema de Uso
Escala de importância																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	Cultura	Tecnologia
Escala de importância																				
Sistema de Uso	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	Sistema de Uso	Tecnologia
Escala de importância																				
Qual a relação de importância entre os demais critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério EFEITOS SOCIAIS?																			ESCOLHA DO DECISOR	
Efeitos econômicos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos ambientais	Efeitos econômicos	Efeitos ambientais
Escala de importância																			0	4

CRITÉRIO EM JULGAMENTO	PRODUÇÃO E LOGÍSTICA									
Com relação ao critério PRODUÇÃO E LOGÍSTICA, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?										
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B
Escala de desempenho	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	Escala de desempenho
ESCOLHA DO DECISOR										

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério PRODUÇÃO E LOGÍSTICA?																				
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos econômicos	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos econômicos	
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos sociais	
Efeitos econômicos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos econômicos	Efeitos sociais	

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério PRODUÇÃO E LOGÍSTICA?																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistema de Uso	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Cultura	Sistema de Uso	
Escala de importância																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Cultura	Tecnologia	
Escala de importância																				
Sistema de Uso	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Sistema de Uso	Tecnologia	
Escala de importância																				
Qual a relação de importância entre os demais critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério PRODUÇÃO E LOGÍSTICA?																				
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Descarte	Consumo	
Escala de importância																				

CRITÉRIO EM JULGAMENTO	CONSUMO									
Com relação ao critério CONSUMO, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?										
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B
<b>Escala de desempenho</b>	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	<b>Escala de desempenho</b>
<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>										

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério CONSUMO?																				
<b>Efeitos ambientais</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Efeitos econômicos</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Efeitos ambientais</b>	<b>Efeitos econômicos</b>	
<b>Efeitos ambientais</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Efeitos sociais</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Efeitos ambientais</b>	<b>Efeitos sociais</b>	
<b>Efeitos econômicos</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Efeitos sociais</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Efeitos econômicos</b>	<b>Efeitos sociais</b>	

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério CONSUMO?																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistema de Uso	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Cultura	Sistema de Uso	
Escala de importância																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Cultura	Tecnologia	
Escala de importância																				
Sistema de Uso	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Sistema de Uso	Tecnologia	
Escala de importância																				
Qual a relação de importância entre os demais critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério CONSUMO?																				
Produção e Logística	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Produção e Logística	Descarte	
Escala de importância																				

CRITÉRIO EM JULGAMENTO	DESCARTE									
Com relação ao critério DESCARTE, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?										
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B
<b>Escala de desempenho</b>	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	<b>Escala de desempenho</b>
<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>										

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério DESCARTE?																				
<b>Efeitos ambientais</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Efeitos econômicos</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Efeitos ambientais</b>	<b>Efeitos econômicos</b>	
<b>Efeitos ambientais</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Efeitos sociais</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Efeitos ambientais</b>	<b>Efeitos sociais</b>	
<b>Efeitos econômicos</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<b>Efeitos sociais</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Efeitos econômicos</b>	<b>Efeitos sociais</b>	

<b>Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério DESCARTE?</b>																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistema de Uso	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Cultura	Sistema de Uso	
Escala de importância																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Cultura	Tecnologia	
Escala de importância																				
Sistema de Uso	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Sistema de Uso	Tecnologia	
Escala de importância																				
<b>Qual a relação de importância entre os demais critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério DESCARTE?</b>																				
Produção e Logística	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Consumo	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Produção e Logística	Consumo	
Escala de importância																				

CRITÉRIO EM JULGAMENTO	CULTURA									
	Com relação ao critério CULTURA, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?									
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B
Escala de desempenho	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	Escala de desempenho
ESCOLHA DO DECISOR										

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério CULTURA?																			ESCOLHA DO DECISOR	
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte	Consumo	Descarte
Escala de importância																				
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	Consumo	Produção e Logística
Escala de importância																				
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	Descarte	Produção e Logística
Escala de importância																				

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério CULTURA?																				
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos econômicos	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos econômicos	
Escala de importância																				
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos sociais	
Escala de importância																				
Efeitos econômicos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos econômicos	Efeitos sociais	
Escala de importância																				
Qual a relação de importância entre os demais critérios do cluster NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério CULTURA?																				
Tecnologia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistema de uso	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Tecnologia	Sistema de uso	
Escala de importância																				

CRITÉRIO EM JULGAMENTO	TECNOLOGIA									
Com relação ao critério TECNOLOGIA, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?										
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B
Escala de desempenho	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	Escala de desempenho
ESCOLHA DO DECISOR										

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério TECNOLOGIA?																			ESCOLHA DO DECISOR	
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte	Consumo	Descarte
Escala de importância																				
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	Consumo	Produção e Logística
Escala de importância																				
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	Descarte	Produção e Logística
Escala de importância																				

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério TECNOLOGIA?																				
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos econômicos	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos econômicos	
Escala de importância																				
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos sociais	
Escala de importância																				
Efeitos econômicos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos econômicos	Efeitos sociais	
Escala de importância																				
Qual a relação de importância entre os demais critérios do cluster NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério TECNOLOGIA?																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sistema de uso	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Cultura	Sistema de uso	
Escala de importância																				

CRITÉRIO EM JULGAMENTO	SISTEMA DE USO									
	Com relação ao critério SISTEMA DE USO, qual o potencial da Alternativa A em relação ao desempenho da Alternativa B?									
Alternativa A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativa B
Escala de desempenho	Igual ou superior	Entre igual e pouco inferior	Pouco inferior	Entre pouco e significativamente inferior	Significativamente inferior	Entre significativo e muito inferior	Muito inferior	Entre muito e extremamente inferior	Extremamente inferior	Escala de desempenho
ESCOLHA DO DECISOR										

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> CICLO DE VIDA para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério SISTEMA DE USO?																			ESCOLHA DO DECISOR	
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte	Consumo	Descarte
Escala de importância																				
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	Consumo	Produção e Logística
Escala de importância																				
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	Descarte	Produção e Logística
Escala de importância																				

Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> OBJETIVO para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério SISTEMA DE USO?																				
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos econômicos	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos econômicos	
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos sociais	
Efeitos econômicos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos econômicos	Efeitos sociais	
Qual a relação de importância entre os demais critérios do cluster NECESSIDADE para o desempenho da pesquisa em avaliação no critério SISTEMA DE USO?																				
Cultura	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tecnologia	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Cultura	Sistema de Uso	

CRITÉRIO EM JULGAMENTO		ALTERNATIVAS A/B																		
<b>Qual a relação de importância entre os critérios do cluster CICLO DE VIDA para o desempenho GLOBAL da pesquisa em avaliação?</b>																				
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Descarte	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Consumo	Descarte	
Escala de importância																				
Consumo	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Consumo	Produção e Logística	
Escala de importância																				
Descarte	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Produção e Logística	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Descarte	Produção e Logística	
Escala de importância																				
<b>Qual a relação de importância entre os critérios do cluster OBJETIVO para o desempenho GLOBAL da pesquisa em avaliação?</b>																				
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos econômicos	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos econômicos	
Escala de importância																				
Efeitos ambientais	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos ambientais	Efeitos sociais	
Escala de importância																				
Efeitos econômicos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Efeitos sociais	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Efeitos econômicos	Efeitos sociais	
Escala de importância																				

<b>Qual a relação de importância entre os critérios do cluster NECESSIDADE para o desempenho GLOBAL da pesquisa em avaliação?</b>																				
<b>Cultura</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Sistema de Uso</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Cultura</b>	<b>Sistema de Uso</b>	
<b>Cultura</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Cultura</b>	<b>Tecnologia</b>	
<b>Sistema de Uso</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Sistema de Uso</b>	<b>Tecnologia</b>	

<b>JULGAMENTO</b>	<b>DEPENDÊNCIA DE CLUSTERS</b>																			
<b>Qual a relação de importância da influência dos demais <i>CLUSTERS</i> para o desempenho do <i>CLUSTER</i> CICLO DE VIDA da pesquisa em avaliação?</b>																				
<b>Alternativas</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Ciclo de Vida</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Alternativas</b>	<b>Ciclo de Vida</b>	
<b>Alternativas</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Necessidade</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Alternativas</b>	<b>Necessidade</b>	
<b>Alternativas</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Objetivo</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Alternativas</b>	<b>Objetivo</b>	
<b>Ciclo de Vida</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Necessidade</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Ciclo de Vida</b>	<b>Necessidade</b>	
<b>Ciclo de Vida</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Objetivo</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Ciclo de Vida</b>	<b>Objetivo</b>	
<b>Necessidade</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>Objetivo</b>	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		<b>Necessidade</b>	<b>Objetivo</b>	

Qual a relação de importância da influência dos demais <i>CLUSTERS</i> para o desempenho do <i>CLUSTER NECESSIDADE</i> da pesquisa em avaliação?																				
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ciclo de Vida	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Alternativas	Ciclo de Vida	
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Necessidade	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Alternativas	Necessidade	
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Objetivo	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Alternativas	Objetivo	
Ciclo de Vida	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Necessidade	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Ciclo de Vida	Necessidade	
Ciclo de Vida	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Objetivo	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Ciclo de Vida	Objetivo	
Necessidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Objetivo	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Necessidade	Objetivo	

<b>Qual a relação de importância da influência dos demais <i>CLUSTERS</i> para o desempenho do <i>CLUSTER OBJETIVO</i> da pesquisa em avaliação?</b>																				
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ciclo de Vida	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Alternativas	Ciclo de Vida	
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Necessidade	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Alternativas	Necessidade	
Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Objetivo	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Alternativas	Objetivo	
Ciclo de Vida	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Necessidade	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Ciclo de Vida	Necessidade	
Ciclo de Vida	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Objetivo	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Ciclo de Vida	Objetivo	
Necessidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Objetivo	ESCOLHA DO DECISOR	
Escala de importância																		Necessidade	Objetivo	

<b>Qual a relação de importância entre os critérios do <i>cluster</i> CICLO ALTERNATIVAS para o desempenho GLOBAL da pesquisa em avaliação?</b>																				
Ciclo de Vida	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Necessidade	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		Ciclo de Vida	Necessidade	
Ciclo de Vida	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Objetivo	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		Ciclo de Vida	Objetivo	
Necessidade	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Objetivo	<b>ESCOLHA DO DECISOR</b>	
<b>Escala de importância</b>																		Necessidade	Objetivo	

**APÊNDICE B – Supermatriz de avaliação da pesquisa científica da fécula do cará-roxo**

<b>SUPERMATRIZ</b>												
<b>Clusters</b>		<b>Alternativas</b>		<b>Cluster Objetivo</b>			<b>Cluster Ciclo de Vida</b>			<b>Cluster Necessidade</b>		
		<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>Efeitos econômicos</b>	<b>Efeitos ambientais</b>	<b>Efeitos sociais</b>	<b>Produção e Logística</b>	<b>Consumo</b>	<b>Descarte</b>	<b>Cultura</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Sistema de uso</b>
Alternativas	Alternativa A	0,0000	0,0000	0,2500	0,5000	0,5000	0,2500	0,3333	0,5000	0,2500	0,2000	0,3333
	Alternativa B	0,0000	0,0000	0,7500	0,5000	0,5000	0,7500	0,6667	0,5000	0,7500	0,8000	0,6667
Cluster Objetivo	Efeitos econômicos	0,2000	0,2000	0,0000	0,1429	0,6667	0,7766	0,5584	0,0726	0,0852	0,6442	0,1168
	Efeitos ambientais	0,4000	0,4000	0,6667	0,0000	0,3333	0,0704	0,1220	0,7612	0,2706	0,2706	0,1998
	Efeitos sociais	0,4000	0,4000	0,3333	0,8571	0,0000	0,1530	0,3196	0,1662	0,6442	0,0852	0,6833
Cluster Ciclo de Vida	Produção e Logística	0,1713	0,1713	0,7009	0,1530	0,1662	0,0000	0,9000	0,8000	0,3531	0,3531	0,5861
	Consumo	0,7504	0,7504	0,2430	0,0704	0,7612	0,9000	0,0000	0,2000	0,5861	0,5861	0,3531
	Descarte	0,0782	0,0782	0,0562	0,7766	0,0726	0,1000	0,1000	0,0000	0,0608	0,0608	0,0608
Cluster Necessidade	Cultura	0,3325	0,3325	0,2430	0,1634	0,1662	0,7612	0,2926	0,2628	0,0000	0,7500	0,2500
	Tecnologia	0,5278	0,5278	0,7009	0,2970	0,7612	0,1662	0,6406	0,6586	0,8000	0,0000	0,7500
	Sistema de uso	0,1396	0,1396	0,0562	0,5396	0,0726	0,0726	0,0668	0,0786	0,2000	0,2500	0,0000

**APÊNDICE C – Matriz alcance global de avaliação da pesquisa científica da fécula do cará-roxo**

<b>MATRIZ DE ALCANCE GLOBAL</b>				
Interação Clusters	Alternativas	Cluster Ciclo de Vida	Cluster Necessidade	Cluster Objetivo
Alternativas	0,00000	0,35575	0,35575	0,35575
Cluster Ciclo de Vida	0,38737	0,17696	0,17696	0,17696
Cluster Necessidade	0,44343	0,24204	0,24204	0,24204
Cluster Objetivo	0,16920	0,22525	0,22525	0,22525



**APÊNDICE E – Supermatriz de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti**

SUPERMATRIZ												
Clusters		Alternativas		Cluster Objetivo			Cluster Ciclo de Vida			Cluster Necessidade		
		Alternativa A	Alternativa B	Efeitos econômicos	Efeitos ambientais	Efeitos sociais	Produção e Logística	Consumo	Descarte	Cultura	Tecnologia	Sistema de uso
Alternativas	Alternativa A	0,0000	0,0000	0,3333	0,5000	0,3333	0,1667	0,3333	0,5000	0,2500	0,5000	0,3333
	Alternativa B	0,0000	0,0000	0,6667	0,5000	0,6667	0,8333	0,6667	0,5000	0,7500	0,5000	0,6667
Cluster Objetivo	Efeitos econômicos	0,5278	0,5278	0,0000	0,3333	0,2000	0,4286	0,0782	0,0695	0,2255	0,6000	0,1515
	Efeitos ambientais	0,1396	0,1396	0,3333	0,0000	0,8000	0,4286	0,1713	0,3484	0,1007	0,1000	0,2184
	Efeitos sociais	0,3325	0,3325	0,6667	0,6667	0,0000	0,1429	0,7504	0,5821	0,6738	0,3000	0,6301
Cluster Ciclo de Vida	Produção e Logística	0,2402	0,2402	0,6450	0,0810	0,1626	0,0000	0,8333	0,1667	0,7612	0,2706	0,6955
	Consumo	0,5499	0,5499	0,2966	0,1884	0,1088	0,8000	0,0000	0,8333	0,1662	0,6442	0,2290
	Descarte	0,2098	0,2098	0,0584	0,7306	0,7286	0,2000	0,1667	0,0000	0,0726	0,0852	0,0754
Cluster Necessidade	Cultura	0,3196	0,3196	0,1662	0,7604	0,7604	0,0936	0,0751	0,6608	0,0000	0,9000	0,1000
	Tecnologia	0,5584	0,5584	0,7612	0,0955	0,0955	0,2797	0,5917	0,2081	0,8571	0,0000	0,9000
	Sistema de uso	0,1220	0,1220	0,0726	0,1441	0,1441	0,6267	0,3332	0,1311	0,1429	0,1000	0,0000

**APÊNDICE F – Matriz de alcance global de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de buriti**

<b>MATRIZ DE ALCANCE GLOBAL</b>				
<b>Interação Clusters</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Cluster Ciclo de Vida</b>	<b>Cluster Necessidade</b>	<b>Cluster Objetivo</b>
Alternativas	0,00000	0,24130	0,24130	0,24130
Cluster Ciclo de Vida	0,11722	0,15418	0,15418	0,15418
Cluster Necessidade	0,61441	0,31757	0,31757	0,31757
Cluster Objetivo	0,26837	0,28696	0,28696	0,28696



**APÊNDICE H – Supermatriz de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí**

<b>SUPERMATRIZ</b>												
<b>Clusters</b>		<b>Alternativas</b>		<b>Cluster Objetivo</b>			<b>Cluster Ciclo de Vida</b>			<b>Cluster Necessidade</b>		
		<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>Efeitos econômicos</b>	<b>Efeitos ambientais</b>	<b>Efeitos sociais</b>	<b>Produção e Logística</b>	<b>Consumo</b>	<b>Descarte</b>	<b>Cultura</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Sistema de uso</b>
Alternativas	Alternativa A	0,0000	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333	0,2000	0,2500	0,1429	0,3333	0,3333	0,2500
	Alternativa B	0,0000	0,0000	0,6667	0,6667	0,6667	0,8000	0,7500	0,8571	0,6667	0,6667	0,7500
Cluster Objetivo	Efeitos econômicos	0,7766	0,7766	0,0000	0,8571	0,8750	0,5821	0,7504	0,5769	0,6370	0,7838	0,7766
	Efeitos ambientais	0,1530	0,1530	0,1429	0,0000	0,1250	0,0695	0,0782	0,0811	0,1047	0,1349	0,1530
	Efeitos sociais	0,0704	0,0704	0,8571	0,1429	0,0000	0,3484	0,1713	0,3420	0,2583	0,0813	0,0704
Cluster Ciclo de Vida	Produção e Logística	0,1721	0,1721	0,5861	0,6527	0,0813	0,0000	0,8889	0,2500	0,1512	0,6554	0,1085
	Consumo	0,7258	0,7258	0,3531	0,2851	0,7838	0,8889	0,0000	0,7500	0,7582	0,2897	0,6301
	Descarte	0,1020	0,1020	0,0608	0,0623	0,1349	0,1111	0,1111	0,0000	0,0905	0,0549	0,2614
Cluster Necessidade	Cultura	0,6586	0,6586	0,1061	0,0877	0,0695	0,0623	0,0695	0,0695	0,0000	0,3333	0,2500
	Tecnologia	0,0786	0,0786	0,1929	0,1392	0,3484	0,6527	0,3484	0,3484	0,3333	0,0000	0,7500
	Sistema de uso	0,2628	0,2628	0,7010	0,7732	0,5821	0,2851	0,5821	0,5821	0,6667	0,6667	0,0000

**APÊNDICE I – Matriz de alcance global de avaliação da pesquisa científica para obtenção de extratos bioativos de resíduos agroindustriais de açaí**

<b>MATRIZ DE ALCANCE GLOBAL</b>				
<b>Interação Clusters</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Cluster Ciclo de Vida</b>	<b>Cluster Necessidade</b>	<b>Cluster Objetivo</b>
Alternativas	0,00000	0,04083	0,04083	0,04083
Cluster Ciclo de Vida	0,17134	0,21496	0,21496	0,21496
Cluster Necessidade	0,75041	0,65076	0,65076	0,65076
Cluster Objetivo	0,07825	0,09345	0,09345	0,09345



**APÊNDICE K – Questionário para avaliação do processo de aplicação do SIMI-Biotech**

<b>AValiação Global do Índice SIMI-BIOTECH</b>	
Objetivos do questionário	
Instruções de preenchimento	
<b>1. Dados do Respondente</b>	
<b>1.1</b> Nome completo	
<b>1.2</b> Instituição/Empresa	
<b>1.3</b> Cargo/Função	
<b>1.4</b> Formação	
<b>1.5</b> Titulação	
<b>2. Avaliação da Estrutura Conceitual</b>	
<b>2.1</b> Na sua opinião, a estrutura do índice SIMI-Biotech é clara e adequada em relação ao objetivo proposto?	
<b>R.:</b>	
<b>2.2</b> Na sua opinião, conceitualmente, quais os pontos fortes e os pontos fracos do índice SIMI-Biotech?	
<b>R.:</b>	
<b>2.3</b> Na sua opinião, conceitualmente, quais as melhorias podem ser feitas na estrutura do índice SIMI-Biotech?	
<b>R.:</b>	
<b>3. Avaliação da Aplicação Prática</b>	
<b>3.1</b> Na sua opinião, quais os pontos fortes e pontos fracos do índice SIMI-Biotech durante a fase de aplicação?	
<b>R.:</b>	
<b>3.2</b> Na sua opinião, o resultado do SIMI-Biotech é claro e significativo?	
<b>R.:</b>	
<b>3.3</b> Cite algumas sugestões que possam melhorar a avaliação de pesquisas por meio do índice SIMI-Biotech.	
<b>R.:</b>	
<b>4. Avaliação Global</b>	
<b>4.1</b> Descreva seu parecer final sobre a validade do índice SIMI-Biotech.	
<b>R.:</b>	

### ANEXO A – Escala fundamental de Saaty

Valor	Definição	Explicação
1	Igual importância entre os elementos $i$ e $j$	Dois elementos contribuem igualmente para o objetivo ou critério
3	Fraca importância de um elemento sobre o outro	A experiência ou o julgamento é levemente a favor de um elemento sobre o outro
5	Forte importância	O julgamento é fortemente a favor de um elemento
7	Importância muito forte ou importância demonstrada	Um elemento é fortemente favorecido e sua dominância pode ser demonstrada na prática
9	Importância Absoluta	A evidência a favor de um elemento sobre o outro é da maior ordem de afirmação
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando se necessita de comprometimento ou coerência entre os julgamentos
Recíprocos dos números acima	Se um elemento $i$ recebe um dos valores não nulos acima quando compara com o elemento $j$ , então $j$ receberá o valor recíproco quando comparado com $i$	
Números racionais	Valores fora da escala	Para forçar a coerência

**ANEXO B – Índice de coerência aleatória**

Ordem da matriz ( $n$ )	$RI$
3	0,52
4	0,89
5	1,11
6	1,25
7	1,35
8	1,40
9	1,45
10	1,49

## ANEXO C – Fluxograma de aplicação do ANP

