



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino
das Ciências Ambientais (PROFCIAMB)



“e-Trilha”: Sistema Computacional Colaborativo na Virtualização de
Trilhas Interpretativas

Raimundo Ernane de Souza Pires Junior
Matrícula: 2160538

TABATINGA-AMAZONAS
2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino
das Ciências Ambientais (PROFCIAMB)



Linha de Atuação:
Recursos Naturais e Tecnologia

“e-Trilha”: Sistema Computacional Colaborativo na Virtualização de
Trilhas Interpretativas

Raimundo Ernane de Souza Pires Júnior

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação: Mestrado Profissional em Rede para Ensino das Ciências Ambientais – PROFCIAMB como exigência parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador(a): Prof. Dr. – AYRTON LUIZ URIZZI MARTINS
Coorientadora: Prof.^a Dra. – LÚCIA HELENA PINHEIRO MARTINS

TABATINGA-AMAZONAS
2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P667“ Pires Junior, Raimundo Ernane de Souza
“e-Trilha”: O uso de sistema computacional colaborativo, na
virtualização de trilhas interpretativas / Raimundo Ernane de Souza
Pires Junior. 2018
63 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Ayrton Luiz Urizzi Martins
Coorientadora: Lúcia Helena Pinheiro Martins
Dissertação (Mestrado em Rede Nacional para o Ensino de
Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Trilha Virtual. 2. Tecnologias de Digitais de Informação. 3.
Ensino das Ciências Ambientais. 4. Sistema Colaborativo. I.
Martins, Ayrton Luiz Urizzi II. Universidade Federal do Amazonas
III. Título

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus, que sempre iluminou, protegeu e guiou meus caminhos durante esta longa jornada de estudos, e também a todos os meus familiares e amigos que apoiaram direta ou indiretamente para que este sonho se concretizasse.

Dedico esse trabalho, com muito amor e carinho a minha família, minha esposa Susilene Almeida, e aos meus filhos Victor Leonardo e Cristian Silva, que sempre estiveram ao meu lado incentivando diuturnamente, e por este motivo, dedico a eles uma parcela majoritária dessa conquista. Aos meus irmãos: Kátia Calderaro, Johnny Calderaro, pai: Ernani Pires, mãe Raimunda Calderaro e avó: Deulinda Marialva, ainda que distantes fisicamente, são pessoas muito importantes em minha vida, e sempre emanam energias positivas, apoiando em minhas decisões e parabenizando por minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Apresento meus sinceros agradecimentos às instituições IFAM e UFAM que não mediram esforços e dedicação para ofertar este curso de Pós-graduação em nível de Mestrado, no Alto Rio Solimões, no município de Tabatinga.

Também agradeço aos docentes do programa PROFICIAMB, estes que sempre buscaram construir em nossas mentes uma consciência crítica e um conhecimento sólido. Não poderia deixar de registrar meu especial e eterno agradecimento à saudosa **Prof.^a Dra. Sandra do Nascimento Noda**, pela paciência e empenho na missão de transmitir conhecimentos e experiências, foi uma pessoa com caráter irrefutável, que agregou inúmeras contribuições aos discentes do programa, e a todos que tiveram a felicidade de conhecê-la, onde com muito orgulho, me incluo.

Cordialmente agradeço com muito carinho a meus “orientadores e amigos” Prof. Dr. Ayrton Luiz Urizzi Martins e Lúcia Helena Pinheiro Martins, que demonstraram muita força e vigor no momento em que perdemos nossa grande líder, estes nos adotaram como filhos, e sempre se mostraram muito bem dispostos a colaborar, agregando conhecimento, fazendo sugestões, críticas, acompanhando e compartilhando experiências.

“Só existem duas maneiras de encarar um problema, uma delas, é permanecer no problema, e provavelmente encontrar outros problemas, a outra, é você usar o problema para achar uma solução”.

Autor: Daniel Godri Júnior

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de um produto educacional, denominado “*e-Trilha*”. Este consiste em um aplicativo colaborativo para uso em dispositivos móveis capaz de virtualizar trilhas educativas demonstrativas. O aplicativo resultou da pesquisa da trilha existente no Instituto Federal de Educação IFAM, *Campus* Tabatinga, considerada como Caso Único. O Aplicativo foi construído para ser uma ferramenta de uso prático em atividades acadêmicas no Ensino das Ciências Ambientais, podendo, portanto, ser incluído de forma efetiva na elaboração de estratégias metodológicas, tendo desta forma, grande contribuição à práxis pedagógica e ao processo de ensino e aprendizagem. O estudo apresenta passo a passo a construção do aplicativo, demonstrando detalhadamente, como se utilizou recursos e métodos norteadores oriundos da Engenharia de Software. A pesquisa foi fundamentada em preceitos teóricos da complexidade sistêmica sugerido por Morin (2000), o que possibilitou a compreensão de como se dá a construção do conhecimento a partir de uma visão complexa. Para tanto, foi considerado a subjetividade de cada indivíduo no processo de apreensão do conhecimento. Utilizou-se ainda da ideia de acoplamento estrutural sugerido por Matura e Varela (2001) como orientação para se compreender em sua essência, como estabelecer uma interação efetiva entre dois sistemas dissimilares, ou seja, o uso concreto da interoperabilidade sistêmica entre a trilha educativa demonstrativa (sistema real), e o *e-Trilha* (sistema computacional). Desta forma a pesquisa pode evidenciar como as Tecnologias de Digitais de Informação e Comunicação - TDICs podem contribuir para o Ensino das Ciências Ambientais.

Palavras chave: Trilha Virtual; Tecnologias de Digitais de Informação e Comunicação; Ensino das Ciências Ambientais.

ABSTRACT

The present research aimed at the development of an educational product called "e-Trilha". This consists of a collaborative application for use in mobile devices, being able to virtualize educational demonstration trails. The Mobile App is a result of the research the existing track Instituto Federal de Education IFAM, Campus Tabatinga, the Single Case. The application was developed by the researcher to be a tool of practical use in academic activities in the Teaching of Environmental Sciences and can thus be effectively included in the elaboration of methodological strategies, thus contributing, in a significant way, to pedagogical praxis and to the process teacher. and learning. The study presents step by step the construction of the application, showing in detail how to use resources and methods of Engineering Software. The research was based on theoretical precepts, such as systemic complexity, suggested by Morin (2000), which allowed us to understand how the construction of knowledge is given from an complex view. To do so, it was considering the subjectivity of each individual in the process of knowledge apprehension. We also used the idea of structural coupling suggested by Matura and Varela (2001) as an orientation to understand in essence how to establish an effective interaction between two dissimilar systems, that is, the concrete use of systemic interoperability between the educational demonstrative trail (real system) and the e-Trilha (computational system). In this way, the research can show how the Digital Technologies of Information and Communication - TDICs can contribute to the Teaching of Environmental Sciences.

Keywords: Virtual Trail; Digital Information and Communication Technologies; Environmental Science Teaching

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo el desarrollo de un producto educativo llamado “e-Trilha”. Esto consiste en una aplicación de colaboración para su uso en dispositivos móviles, que es capaz de hacer la virtualización de los senderos interpretativos educativos. La aplicación móvil es el resultado de la investigación de lo sendero existente en Instituto Federal de Educación IFAM, Campus Tabatinga, el caso único. La aplicación fue desarrollada por el investigador para ser una herramienta de uso práctico en actividades académicas en la Enseñanza de Ciencias Ambientales y así puede ser efectivamente incluida en la elaboración de estrategias metodológicas, contribuyendo así, de manera significativa, a la praxis pedagógica y al proceso de enseñanza y aprendizaje. El estudio presenta paso a paso la construcción de la aplicación, mostrando en detalle cómo usar los recursos y métodos de Ingeniería de Software. La investigación se basó en preceptos teóricos, como la complejidad sistémica, sugerida por Morin (2000), que nos permitió comprender cómo la construcción del conocimiento se da desde una visión compleja. Para hacerlo, fue considerado la subjetividad de cada individuo en el proceso de aprensión del conocimiento. También utilizamos la idea de acoplamiento estructural sugerido por Matura y Varela (2001) como una orientación para comprender en su esencia cómo establecer una interacción efectiva entre dos sistemas diferentes, o sea, el uso concreto de la interoperabilidad sistémica entre lo sendero educativo interpretativo (real sistema) y lo “e-Trilha” (sistema computacional). De esta manera, la investigación puede mostrar cómo las Tecnologías Digitales de Información y Comunicación - TDIC pueden contribuir a la Enseñanza de Ciencias Ambientales.

Palabras clave: Virtual Pista; Tecnologías digitales de información y comunicación; Enseñanza de Ciencias Ambientales

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delimitação da área de estudo no IFAM <i>Campus</i> Tabatinga.....	15
Figura 2 - Delimitação territorial - IFAM <i>Campus</i> Tabatinga. Amazonas, Brasil. 2017.....	16
Figura 3 - Instalação da Câmera Fotográfica LGR105 para obtenção de imagem esférica em 360°, IFAM Tabatinga AM-2018.	21
Figura 4 - Etapas do processo de desenvolvimento de software.....	23
Figura 5 - Representação esquemática do ciclo de vida de um Sprint dentro do método SCRUM.	24
Figura 6 - Imagem de satélite da área de estudo referente ao ano de 2002, IFAM Tabatinga, AM-2018	26
Figura 7 - Imagem de satélite da área de estudo referente ao ano de 2007, IFAM Tabatinga, AM-2018	27
Figura 8 - Imagem de satélite da área de estudo referentes ao ano de 2013, IFAM Tabatinga, AM-2018	27
Figura 9 - Percurso atual da Trilha Educativa Demonstrativa, IFAM Tabatinga, AM-2018..	28
Figura 10 - Ponto de observação onde se apresenta uma área de sítio, IFAM Tabatinga AM-2018.	29
Figura 11 - Área descampada com a presença predominante de capim sapê, elemento indicador do alto nível de acidez no solo, IFAM Tabatinga AM-2018.....	30
Figura 12 - Trecho do igarapé com água corrente, IFAM Tabatinga AM-2018.....	31
Figura 13 - Ponto de transposição do igarapé usado como laboratório interdisciplinar, com a presença de plantas aquáticas, IFAM Tabatinga AM-2018.	32
Figura 14 - Exemplos de uso alimentar, encontrados na Trilha Educativa Demonstrativa. (A) açaí (<i>Euterpe precatoria</i> Mart.); (B) café (<i>Coffea canephora</i> P.); Tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i> G. Meyer).	34
Figura 15 - Exemplos de uso ornamental encontrados na Trilha Educativa Demonstrativa. (A) Heliconia (<i>Heliconia augusta</i> Vell.); (B) Helicônia (<i>Heliconia vellosiana</i> Emygdio); (C) <i>Palicourea Lasiantha</i> K. Krause.	34
Figura 16 - Samambaias, plantas indicadoras do nível de acidez no solo, IFAM Tabatinga AM-2018.	35
Figura 17 – Mostra da qualidade da água no igarapé no trecho situado no início da trilha, IFAM Tabatinga AM-2018.	36

Figura 18 – Trecho do igarapé situado ao final da trilha, evidenciando diminuição do nível de poluição ocorrido de maneira natural, IFAM Tabatinga AM-2018.	36
Figura 19 – Relação harmônica de inquilinismo, IFAM Tabatinga AM-2018.....	37
Figura 20 - Outros exemplos e relações ecológicas encontradas no percurso da trilha, IFAM Tabatinga AM-2018.	38
Figura 21 - Mostra de pegadas de animais, raízes de espécies arbóreas e processo de germinação, IFAM Tabatinga AM-2018.....	38
Figura 22 - Modelo de placa de identificação fixada nos pontos de atratividade da trilha, IFAM Tabatinga AM-2018.	39
Figura 23 - Exemplar de Castanheira do Brasil presente nos pontos de atratividade nº 13 da trilha, IFAM Tabatinga AM-2018.	40
Figura 24 - Tela principal do <i>e-Trilha</i> sendo utilizado em dispositivo móvel com sistema iOS.	42
Figura 25 - Diagrama Geral de Caso de Uso do <i>e-Trilha</i>	47
Figura 26 - Diagrama de sequencia detalhando da função Cadastrar Interagente	48
Figura 27 - Diagrama de sequencia detalhando da função Pontos de Atratividade	49
Figura 28 - Diagrama de sequencia detalhando da função Visualizar em 360°	49
Figura 29 - Diagrama de sequencia detalhando da função Áudio Ambiente	50
Figura 30 - Diagrama de sequencia detalhando da função Fórum de Discussões.....	51
Figura 31 - Diagrama de sequencia detalhando da função Enviar Colaboração.....	52
Figura 32 - Diagrama de sequencia detalhando da função Ferramentas de Campo.....	53
Figura 33 - Diagrama de sequencia detalhando da função Glossário	54
Figura 34 - Diagrama de sequencia detalhando da função Créditos	54
Figura 35 - Painel de controle do Appy pie, plataforma de desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis.....	55
Figura 36 - Menu principal do <i>e-Trilha</i> dentro da plataforma online.....	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	ESTRATÉGIA METODOLÓGICA.....	15
2.1	Área de Estudo.....	15
2.2	Abordagem e Estratégia Teórica.....	16
2.3	Categorias de Análise.....	17
2.3.1	Percepção ambiental.....	17
2.3.2	Interoperabilidade.....	18
2.3.3	Análise e desenvolvimento de sistema.....	19
2.4	Procedimentos Metodológicos.....	19
2.4.1	Levantamento bibliográfico.....	20
2.4.2	Levantamento documental.....	20
2.4.3	Pesquisa de campo e coleta de dados.....	20
2.4.4	Processo de tratamento e análise de dados.....	22
2.4.5	Desenvolvimento do software.....	23
3	A TRILHA PRÉ-EXISTENTE: CONFIGURAÇÕES E USOS.....	26
3.1	História Ambiental da Área de Abrangência da Trilha Pré-Existente.....	26
3.2	Pontos de Atratividades.....	32
4	O e-TRILHA.....	41
4.1	O e-Trilha como Estratégia Metodológica Colaborativa.....	42
4.2	Análise e Desenvolvimento do Aplicativo.....	43
4.2.1	Princípios da Confiabilidade, Integridade e Disponibilidade.....	43
4.2.2	Levantamento de requisitos (SPRINT 01).....	44
4.2.3	Requisitos Funcionais.....	44
4.2.4	Requisitos não funcionais.....	46
4.2.5	Diagramas de caso de uso (SPRINT 02).....	47
4.2.6	Diagramas de sequência (SPRINT 03).....	48
4.3	Construção do Sistema.....	54
4.4	Validação do Aplicativo.....	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

Vivemos em uma sociedade dinâmica e em plena evolução, composta por mais de sete bilhões de indivíduos, que possuem características complexas, convivendo em sociedades e em sistemas ambientais igualmente complexos e, por conseguinte, passam a apresentar necessidades singulares e diversificadas, sejam estas, relacionadas à vida pessoal ou à profissional. Diante deste cenário, surge a tecnologia, e rapidamente se torna uma importante aliada na busca de soluções, passando a atuar paralelamente na construção e disponibilização de dispositivos e serviços que estão diretamente relacionados à satisfação de tais necessidades. Desta forma, podemos considerar o avanço tecnológico como uma consequência direta da relação humana com a tecnologia, elevando assim a tecnologia ao patamar de protagonista nas sociedades atuais, uma vez que esta relação estimula continuamente o desenvolvimento de novos dispositivos eletrônicos.

O processo de evolução tecnológica se intensificou no período pós III revolução industrial em meados do século XX, onde se estabeleceram grandes avanços tecnológicos. A miniaturização de componentes se tornou um fator preponderante nesse processo, tornando mais eficiente o processo de desenvolvimento de dispositivos eletrônicos, ou seja, os componentes de hardware. Paralelamente a este fato, surgem as indústrias de desenvolvimento de softwares com um crescimento exponencial no mesmo período, criando e implementando novas ideias, além de aprimorar e adaptar tecnologias já existentes.

Com o advento da internet se torna visível a crescente necessidade por dispositivos eletrônicos com características portáteis que possibilitem a mobilidade de informação. Neste limiar, as grandes indústrias aderem à tendência de desenvolverem dispositivos que sejam capazes de estabelecer o acoplamento de dois conceitos, portabilidade e mobilidade, além de associar a estes o conceito da conectividade, originando e estabelecendo um segmento das tecnologias da informação e comunicação (TICs). Atualmente, dispositivos móveis como notebooks, tablets e celulares são ferramentas essenciais para realização de uma infinidade de tarefas, dentre as quais, observa-se com grande relevância, o uso direcionado ao contexto educacional, uma vez que os dispositivos móveis viabilizam o acesso com rapidez e simplicidade às plataformas de informação e formação acadêmicas.

Neste sentido, considerando o crescimento do uso das TICs no âmbito educacional, Lévy (2000) enfatiza que o termo Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) seria mais apropriado. Isso porque as TDICs possibilitam o rápido acesso a um grande volume de informações digitais, favorecendo transformações no modo de

aprendizagem, ou seja, no cotidiano de escolas, delineando-se um novo modelo de educação denominado de Ensino Híbrido.

Os estudantes de hoje não aprendem da mesma forma que no século anterior. Crianças e jovens estão cada vez mais conectadas às tecnologias digitais, configurando-se como uma geração que estabelece novas relações com o conhecimento e que, portanto requer que a transformação aconteça na escola. (BACICH; NETO; TREVISANI, 2015, p. 47)

As TDICs consistem em um conjunto de ferramentas e aplicações computacionais voltadas e correlacionadas às atividades educacionais. Neste contexto, observa-se que tais recursos tecnológicos tendem a interagir, operacionalizar e integrar dados entre si e com outros sistemas, ainda que estes sejam sistemas não informatizados. Desta forma, evidencia-se a necessidade de realizar estudos direcionados ao uso da interoperabilidade, considerando-a requisito primário dos sistemas computacionais. Para Reitz (2004), interoperabilidade consiste na capacidade de um sistema de hardware ou de software se comunicar e trabalhar efetivamente no intercâmbio de dados com outro sistema, geralmente de tipo diferente.

Considerando as correlações humano/tecnologia, tecnologia/educação e sistemas computacionais/interoperabilidade, surgem os sistemas computacionais dotados de recursos tecnológicos que podem ser utilizados com grande eficácia no núcleo educacional, tornando-se ferramentas funcionais, inovadoras e atrativas para realização de atividades práticas. Diante desta temática, a presente pesquisa teve como objetivo desenvolver um sistema computacional colaborativo de trilhas interpretativas virtualizadas, com aplicação didática por docentes, discentes e demais interagentes, contribuindo de forma relevante ao ensino das Ciências Ambientais. A trilha interpretativa, segundo Lima (1998), consiste em espaço de interação e percepção entre os interagentes e o ambiente representando um valioso instrumento pedagógico. No âmbito do ensino das ciências ambientais, as visitas *in loco* às trilhas interpretativas, são estratégias pedagógicas há muito tempo utilizadas, uma vez que possibilitam aos docentes e discentes, imersão em um ambiente real, contendo elementos diversos, que permitem a utilização aguçada dos sentidos na percepção e captação de informações, gerando conhecimentos complexos relacionados ao sistema ambiental.

O estabelecimento da relação harmônica entre as TDICs e o Ensino das Ciências Ambientais por sua vez, deve-se, em parte, à existência de uma crescente demanda por desenvolvimento e aprimoramento de aplicações (softwares) e dispositivos eletrônicos (hardware). Atualmente os dispositivos móveis são equipamentos dotados de componentes eletrônicos de alta tecnologia, capazes de elevar consideravelmente o poder de processamento de dados. Portanto, estes dispositivos tornam-se ferramentas populares acessíveis a todos os

públicos, podendo ocupar espaço de relevância no âmbito educacional, abrindo um novo viés de possibilidades para a elaboração de novas estratégias pedagógicas colaborativas.

Nesse sentido, buscou-se desenvolver um aplicativo de maneira que as TDICs possam contribuir e consolidar-se como ferramentas eficientes no processo de ensino e aprendizagem nas ciências ambientais, estabelecendo-se desta forma, como um elemento facilitador, atrativo e eficaz. O “e-Trilha”, produto resultante da presente pesquisa é, conceitualmente, um aplicativo móvel, concebido e desenvolvido para uso institucional, e tem seu funcionamento baseado nos sistemas operacionais para dispositivos móveis Android. A Trilha Educativa Demonstrativa (TED) existente no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM – *Campus* Tabatinga) foi escolhido como ambiente real a ser virtualizado de maneira interoperável, uma vez que a mesma já vem sendo utilizada para fins didáticos.

Essa trilha abrange uma área com relativa variedade de espécies animais e vegetais, diferenciais ecossistêmicos e paisagísticos com nascentes e cursos d’água relevantes ao estudo exploratório nas atividades educacionais. Considerando os princípios da interoperabilidade entre sistemas, torna-se de grande valia o fato de a instituição possuir um guia colaborativo e descritivo da trilha interpretativa local. O referido guia contém descrição detalhada de todo processo de elaboração e utilização da trilha, informações estas, de grande relevância para composição do sistema computacional, tornando as trilha interpretativa real e virtual sistemas interoperáveis entre si. Desta forma, o desenvolvimento do sistema interoperativo de virtualização da trilha real buscou possibilitar a interação virtual da mesma, apresentando descritivamente os elementos presentes em todos os pontos de atratividade e amplificando as possibilidades de seu uso a partir do princípio colaborativo proposto.

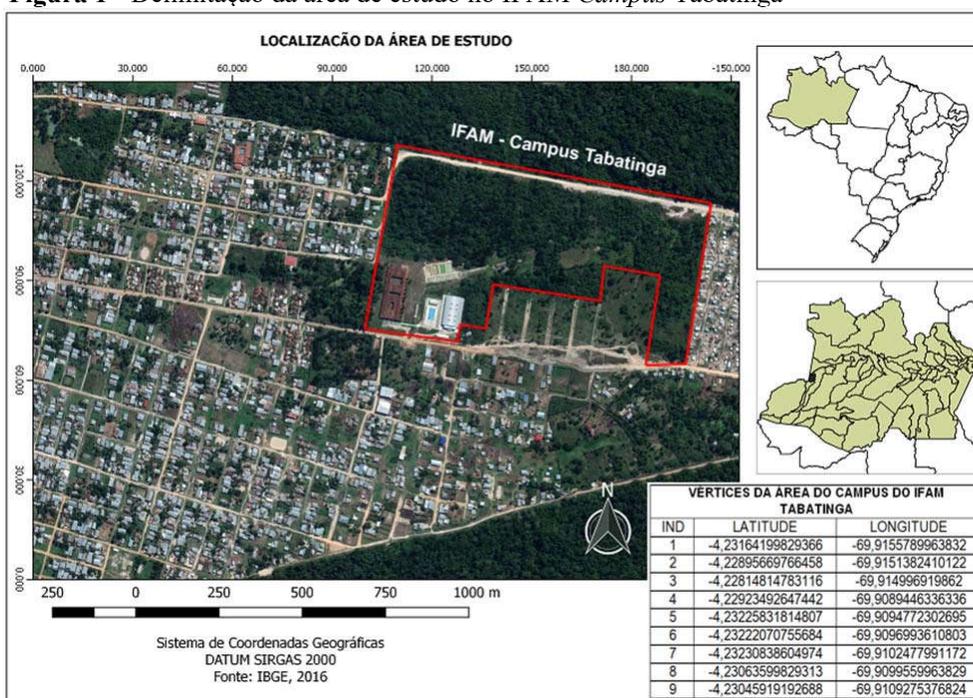
O presente documento está organizado em três seções, sendo a primeira destinada à apresentação da fundamentação teórica e epistemológica da pesquisa discorrendo-se, sob a ótica da complexidade sistêmica, a aplicação do produto final no contexto educacional das Ciências Ambientais. Na segunda parte, o leitor terá a sua disposição a apresentação detalhada do *locus* da pesquisa, assim como as estratégias metodológicas utilizadas. Por fim, serão apresentados os conceitos e procedimentos utilizados no desenvolvimento do sistema computacional denominado de “e-Trilha” e sua aplicação, a partir da análise dos dados empíricos acessados.

2 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no IFAM – *Campus* Tabatinga, localizado no bairro Vila Verde, área denominada como expansão territorial do município de Tabatinga, estado do Amazonas. O município de Tabatinga está situado à margem esquerda do rio Solimões, na fronteira com Colômbia e Peru (**Figura 1**), microrregião Alto Solimões, mesorregião Sudoeste Amazonense (IBGE, 2016).

Figura 1 - Delimitação da área de estudo no IFAM *Campus* Tabatinga



Organizador: PIRES (2018)

O IFAM está constituído por uma área totalizando 200.355,62m² (Figura 2). Parte desta área foi regulamentada parcialmente pelo decreto de Lei municipal nº. 509/2008 de 03 de julho de 2008, que concedeu ao Instituto Federal um Lote de terra medindo 60.000m² (TABATINGA, 2008). Neste terreno nos dias atuais, uma parte é destinada a edificação predial da sede do *Campus* do IFAM em Tabatinga e outra área contem estruturas destinadas às práticas esportivas, onde estão localizados um ginásio poliesportivo e uma piscina semiolímpica. Em setembro de 2017, também foram implantados em terreno anexo às áreas edificadas, seis tanques escavados para práticas educativas em piscicultura, utilizados para estudos com os discentes do curso Técnico Integrado em Recursos Pesqueiros.

Em 5 de agosto de 2010 o IFAM foi contemplado com a homologação do decreto de Lei nº. 564/10 que adicionou às propriedades do instituto um lote denominado Área de Expansão, medindo 140.355,62m² (TABATINGA, 2010). A área de expansão consiste em terreno predominantemente coberto por vegetação, normalmente utilizado para realização de atividades de extensão e pesquisas de campo. Sua composição é caracterizada por possuir um terreno argiloso e plano, ainda neste terreno observa-se a existência de nascentes de igarapé, mata ciliar, áreas de sítio, área de capoeira dentre outras características de agroecossistemas familiares típicos do Alto Solimões.

Figura 2 - Delimitação territorial - IFAM *Campus* Tabatinga. Amazonas, Brasil. 2017.



Org.: PIRES (2018)

2.2 Abordagem e Estratégia Teórica

No contexto educacional, fez-se necessário a utilização de uma abordagem epistemológica no âmbito da complexidade sistêmica, que possibilitasse compreender como se dá a construção do conhecimento junto aos discentes, sem deixar de considerar fatores relevantes como a subjetividade, e pensar a subjetividade como um elemento inerente e indissociável da natureza humana, que influencia diretamente na forma e no meio como são obtidos os conhecimentos. Neste limiar Morin (2000) discorre que todo conhecimento está intrinsecamente ameaçado pelo erro e pela ilusão, e complementa que na teoria da informação existem perturbações aleatórias ou ruídos que podem comprometer a transmissão do conhecimento.

Neste sentido, Freire (2014) corrobora enfatizando que a nossa capacidade de aprender está diretamente correlacionada à habilidade de apreender a substantividade do objeto, tornando possível a compreensão do mesmo. Portanto, é coerente observar que no âmbito educacional a utilização de metodologias diferenciadas como as trilhas interpretativas, pode representar uma valiosa estratégia na práxis do ensino das Ciências Ambientais. Estratégias como essa permitem aos docentes e discentes reflexões críticas a partir de suas observações, nas visitas *in loco*. Assim, a exploração da trilha em sua complexidade torna-se uma estratégia metodológica importante na busca por minimizar os erros e incertezas decorrentes da incompreensão do real em sua totalidade. Morin (2000) sustenta ainda, que é salutar a compreensão da realidade no sentido complexo, compreendendo a incerteza do real, e que existem invisibilidades na composição do real.

Assim, para realização da presente pesquisa, foram sugeridas três categorias de análises, a partir das quais se buscou estabelecer uma compreensão do processo criativo da construção do produto educacional, são elas, percepção ambiental, interoperabilidade, análise e desenvolvimento de sistemas.

2.3 Categorias de Análise

2.3.1 Percepção ambiental

A similaridade biológica define a organização dos seres vivos e por consequência desta, todo ser humano é dotado de órgãos sensoriais, capazes de estimular a percepção por meio dos sentidos. Morin (2000) afirmam que “[...] todas as percepções são, ao mesmo tempo, traduções e reconstruções cerebrais com base em estímulos ou sinais captados e codificados pelos sentidos”. Assim, podemos constatar que a percepção ambiental é fruto de uma interpretação cognitiva de elementos obtidos a partir dos sentidos. Por isso, está associada concomitantemente à subjetividade de cada ser, tornando-se um fator preponderante na forma como cada indivíduo percebe os elementos que compõe o ambiente, assim como, aquele no qual está intrinsecamente inserido.

A abordagem da percepção ambiental foi necessária como categoria de análise, uma vez que, os dados oriundos da percepção dos visitantes da trilha interpretativa real, compõem a base de dados no aplicativo de trilha virtual. Deste modo, observa-se que os usuários da trilha terão um papel ativo e participativo, podendo utilizar, interagir e colaborar com a trilha interpretativa real e virtual. Sendo assim, sugeriu-se, em substituição aos termos visitantes, usuários, indivíduos e outros, o uso do termo *interagentes*, considerando este o termo mais

adequado, uma vez que estes estarão constantemente interagindo e operando o sistema. Corrêa (2014) enfatiza que o termo interagente pressupõe a participação, interação e troca de informações, visando estabelecer conhecimento.

2.3.2 Interoperabilidade

Dentro de uma perspectiva filosófica, o termo *interoperabilidade* tem sua origem, apoiada firmemente no conceito de *Ontologia* do filósofo Sócrates, que surge neste contexto como um elemento fundante e necessário, pois, a partir deste obtém-se uma sensível compreensão das particularidades que formam o todo em um ser. Conhecimento este que proporcionou um entendimento estrutural e permitiu a categorização dos elementos, além de viabilizar a definição das propriedades de ser em sua complexidade. Ackrill (1963) corrobora que a partir da compreensão conceitual da ontologia, se torna possível compreender um conjunto significativo de propriedades que compõe a estrutura de uma entidade.

Diante da possibilidade de se compreender a essência e as propriedades de todos os elementos que compõe um sistema, tornou-se possível então, estabelecer um acoplamento estrutural no sentido apresentado por Maturana e Varela (2001), buscando-se, desta forma, à interligação de tais elementos, ainda que estes pertençam a sistemas distintos e heterogêneos.

No âmbito da engenharia de software, o conceito que possibilita este acoplamento estrutural é a “interoperabilidade”. Para Martins (1999) a caracterização do conceito de interoperabilidade consiste em atender um conjunto muito específico de condições, que devem ser respeitadas na íntegra para que um determinado sistema possa ser classificado como interoperável. O uso da interoperabilidade fica então condicionado à garantia de interação entre sistemas dissimilares, o uso e compartilhamento de dados íntegros, a manutenção do funcionamento sem perda de desempenho e a automatização dos mecanismos de compartilhamento de dados.

Ainda neste contexto, é imprescindível contemplar a existência de outros fatores relevantes, que devem ser considerados nessa perspectiva da interoperável, como ressaltam Brauner, Casanova e Lucena (2004, p.311),

Diferentes visões da realidade geográfica sempre existirão por pessoas com culturas diferentes, pois a própria natureza é complexa e leva a percepções distintas. Neste caso seria interessante conviver com estas diferentes formas de conhecimento sobre a realidade e tentar criar mecanismos para implementar e combinar diferentes visões, ou seja, representar o conhecimento geográfico no computador buscando interoperabilidade pela equivalência semântica dos conceitos entre sistemas distintos.

Observando a problemática de um ponto de vista tecnológico, onde se está trabalhando o uso das TDICs como ferramenta facilitadora no processo de ensino e aprendizagem, evidenciou-se necessidade de se utilizar informações concisas, criteriosamente selecionadas e passíveis de serem compreendidas em sua essência. Como sustenta Morin (2000, p.94) “[...] a informação, se for bem transmitida e compreendida, traz inteligibilidade, condição primeira necessária, mas não suficiente, para compreensão”. Nesse contexto, insere-se a pretensão de se estabelecer uma discussão sobre a interoperabilidade de sistemas como categoria de análise, uma vez que a partir desta viabiliza-se a interação e operabilidade entre sistemas, sejam estes informatizados ou não.

Portanto, o desenvolvimento de um aplicativo capaz de virtualizar trilhas interpretativas, utilizando como base teórica o conceito da interoperabilidade, pode tornar o aplicativo uma ferramenta capaz de obter e compartilhar informações, de forma concisa e transparente, com outros sistemas, ainda que se trate de um sistema não informatizado, neste caso, os sistemas em questão são a trilha interpretativa real e a virtual.

2.3.3 Análise e desenvolvimento de sistema

O desenvolvimento de uma aplicação computacional perpassa obrigatoriamente por reflexões criteriosas e complexas, remetendo ao estudo e aplicação de métodos oriundos da engenharia de software. Neste limiar, tornou-se salutar considerar princípios que visam à redução de tempo e custo de desenvolvimento, além de minimizar os riscos de retrabalho, problemas estes que podem acarretar descontinuidade de projetos. Deste modo optou-se pela utilização de um método de desenvolvimento ágil. Quanto aos métodos de desenvolvimento ágil Beck *et al.* (2001) destacam que os métodos ágeis são de grande valia para construção de sistemas com prazos reduzidos ou que possuam características dinâmicas e, por consequência disso, venham a sofrer constantes alterações.

Neste limiar, o desafio consistiu em desenvolver um sistema de virtualização de trilha interpretativa, e disponibilizar aos interagentes uma plataforma colaborativa, onde estes possam colaborar ativamente a partir de suas percepções ambientais, podendo visualizar e compartilhar informações sobre elementos presentes nos pontos de atratividade da trilha.

2.4 Procedimentos Metodológicos

Para atender aos objetivos da pesquisa, adotaram-se os seguintes procedimentos:

2.4.1 Levantamento bibliográfico

Buscou-se os elementos teóricos que explicitassem o problema a ser investigado e seus constituintes factuais.

2.4.2 Levantamento documental

O objetivo foi à busca de dados em documentos existentes na instituição como: Decretos Municipais; Título Definitivo de Propriedade; Planta de Situação e Localização; Memorial Descritivo; Termo de Registro de Imóveis.

2.4.3 Pesquisa de campo e coleta de dados

A pesquisa de campo iniciou com visita preliminar à Trilha Educativa Demonstrativa do IFAM tendo com objetivo observar aspectos relevantes referentes ao seu traçado e o tempo de percurso, além de registrar as evidências de possíveis pontos de atratividade. Por ocasião da visita foram efetuados registros fotográficos e anotações em diário de campo. De maneira complementar, foram realizadas duas visitas técnicas às trilhas ecológicas do *Parque Ecológico Mundo Amazónico*, localizado em Letícia, capital do Departamento do Amazonas na Colômbia. O intuito foi conhecer outras experiências de configurações de trilhas que pudessem contribuir ao trabalho proposto.

Num segundo momento, com finalidade específica de elucidar elementos e aspectos da trilha assim como caracterizar os pontos de atratividades, foram realizadas seis visitas de campo orientadas por interagentes que utilizam a trilha interpretativa em suas atividades docentes. Por ocasião das visitas, cada interagente realizou uma exposição detalhada, apresentando os elementos existentes nos pontos atrativos assim como as estratégias metodológicas utilizadas pelos mesmos em suas atividades educativas específicas. Com posse dessas informações, tornou-se possível quantificar os pontos atrativos apresentados pelos interagentes (Tabela 1).

Tabela 1 – Grupos de interagentes e suas respectivas áreas de formação, IFAM Tabatinga AM-2018.

Área de Formação do interagente	Quantidade de Docentes	Pontos Observados
Engenheiro Agrônomo	1	20
Engenheiro Florestal	1	22
Biólogo	1	24
Engenheiro de Pesca	1	18
Graduação em Ciências Agrária	2	18

Fonte: PIRES (2018)

Com o auxílio de aparelho receptor de sinal de GPS, foram obtidas as coordenadas geográficas dos limites da área de estudo, dos pontos de atratividade assim como do traçado da trilha pré-existente. Também foram identificadas possíveis áreas de ampliação, demarcação de rotas alternativas e seleção de novos pontos de atratividade a partir da repetição de informações oriundas dos interagentes. Posteriormente, foi realizada a produção cartográfica da trilha interpretativa por meio do software TrackMaker-PRO.

Na construção do sistema computacional de virtualização do ambiente real da Trilha Educativa Demonstrativa, foram utilizados equipamentos eletrônicos com tecnologia capaz de registrar imagens e captar áudio do ambiente nos pontos pré-selecionados durante as visitas de campo com os interagentes. Considerando que este conjunto de informações seria fundamental para viabilizar a construção do ambiente virtual, optou-se pelo uso de uma câmera fotográfica marca LG, modelo LGR105 (Figura 3), com capacidade de captar fotografias com visualização esférica em 360°, com resolução de 16 megapixels, além de captar áudios compatíveis com dispositivos que utilizem sistema de som 5.1.

Figura 3 - Instalação da Câmera Fotográfica LGR105 para obtenção de imagem esférica em 360°, IFAM Tabatinga AM-2018.



Org.: PIRES (2018)

2.4.4 Processo de tratamento e análise de dados

O registro fotográfico e de áudio nos pontos de atratividade foi fundamental, uma vez que, como elementos da percepção dos interagentes, imagens e sons são essenciais na virtualização de trilhas. Quando devidamente associados aos dados registrados no diário de campo durante as visitas, favoreceram a compreensão dos elementos que compõe as unidades de paisagem existentes na Unidade Educativa Demonstrativa do IFAM e, conseqüentemente, a potencialidade no desenvolvimento de atividades de construção compartilhada do conhecimento.

Para iniciar o processo de análise de dados foi necessário a utilização de aplicativo de tratamento de imagens, neste caso, optou-se pelo Adobe PhotoShop. O tratamento de imagem foi realizado com intuito de aumentar o nível de nitidez, brilho e contraste das imagens, facilitando o processo de interpretação visual das mesmas. O processo de equalização dos arquivos de áudio capturados foi realizado com o objetivo de torná-los audíveis e compreensíveis. Para tanto, foi utilizado o editor de áudio SoundForge da Sony, ferramenta que possui mecanismos capazes de isolar ruídos e aumentar consideravelmente o volume de arquivos de áudio.

Com o auxílio do editor de planilhas eletrônicas da Microsoft, o Excel, foi possível realizar digitação, classificação e agrupamento de dados obtidos nas visitas e registrados no diário de campo. Assim, a análise dos dados obtidos nesta fase, foi realizada com auxílio de planilhas eletrônicas, visando à organização e agrupamento dos dados, utilizando como critério de organização, a similitude de dados. Desta forma, considerou-se que o uso de planilhas eletrônicas constituiu uma etapa chave neste processo, uma vez que viabilizou a caracterização da percepção ambiental dos interagentes, estabelecendo sistemicamente uma orientação ao processo de virtualização da trilha. As análises dos dados gerados em campo também foram fundamentais na seleção dos elementos chaves à construção de um sistema com base no princípio colaborativo proposto.

A análise e processamento de dados objetivando estabelecer a interoperabilidade tornou-se uma tônica durante o processo de desenvolvimento do sistema computacional proposto, uma vez que este se propôs a estabelecer a troca de dados entre sistemas, ou seja, estabelecer a interoperabilidade. A partir da catalogação dos dados, tornou-se possível elencar os atributos dos mesmos e estabelecer correlações de dados, assim como definir hierarquia, valores e prioridades. Com estas informações disponíveis nas planilhas foram definidas as propriedades dos dados possibilitando, computacionalmente, realizar suas descrições,

transformando-os em variáveis, instâncias, classes e demais elementos que possam ser sistemicamente manipulados e processados.

2.4.5 Desenvolvimento do software

Nos dias atuais a demanda por softwares tem ocupado lugar de destaque em todos os setores, e por este motivo, pessoas, empresas e órgãos governamentais tendem, a ter uma interação maior com os softwares, fator este, que eleva consideravelmente o nível de exigências por recursos, ênfase na usabilidade, desempenho, custo e outros. Neste sentido, a engenharia, considerando o tamanho do desafio de se desenvolver uma solução eficiente e eficaz, que atenda a demanda de todos os interessados, aparece neste cenário, com uma gama de instruções, orientações e procedimentos destinados ao uso de boas práticas para o desenvolvimento de softwares.

Pressman (2009) enfatiza a existência de três pontos chaves no processo de desenvolvimento de software, sendo eles: entender o problema antes de desenvolver a solução; considerar o projeto como uma etapa essencial; o produto final deve ser dinâmico e sujeito a mudanças. Para o desenvolvimento do “e-Trilha” utilizou-se a sequência de procedimentos orientados pela engenharia de software, descrita por Pressman (2009) a partir da qual, compreende-se como essencial a análise, planejamento e definição de cada fase (Figura 4).

Figura 4 - Etapas do processo de desenvolvimento de software



Org.: PIRES (2018)

Um ponto essencial no processo de desenvolvimento de software é a definição acertada e adequada da plataforma para a qual o software será desenvolvido, assim como, as ferramentas (software) que serão utilizados no processo. Esta etapa torna-se fundamental, uma vez que, esta escolha pode representar uma inserção ou exclusão do aplicativo no espaço acadêmico.

A escolha e adequação do método é outra fase fundamental para continuidade do projeto. Desta forma, optou-se por utilizar na presente pesquisa o método SCRUM, que consiste em uma metodologia ágil aplicada a engenharia de software. Schwaber (1997) destaca que esta metodologia abrange todo processo de construção do sistema, com ênfase na divisão de tarefas e a aplicação de ciclos recursivos de iterações denominados *Sprints* podendo durar de duas a quatro semanas, além possibilitar o gerenciamento do projeto de forma clara e transparente. Para o processo de desenvolvimento do aplicativo “e-Trilha”, foram seguidas as orientações normativas descritas no método SCRUM, portanto, o desenvolvimento do software foi dividido em ciclos, conhecidos no método como *Sprints*, que são atividades de curtas durações. Cada Sprint funcionou em um ciclo recursivo de atividades visou à construção de uma parte do sistema plenamente funcional. Ao final do processo de construção as partes puderam ser acopladas e constituíram o software funcional (Figura 5).

Figura 5 - Representação esquemática do ciclo de vida de um Sprint dentro do método SCRUM.



Fonte: <http://www.sstecnologia.com.br>

Uma das fases essenciais em cada Sprint é a definição criteriosa dos requisitos do sistema, que tem como objetivo: descrever as funcionalidades e regras de funcionamento de um sistema; estabelecer uma base essencial para a criação de um projeto de software; definir um conjunto de requisitos que possam ser avaliados pela equipe de desenvolvimento,

possibilitando a visualização do software de maneira global, compreendendo seus objetivos, necessidades, regras e limitações.

O levantamento de requisitos deve ser dividido em dois tipos: funcionais e não funcionais. Para o desenvolvimento do *e-Trilha* o levantamento de requisitos visou demonstrar de forma clara e objetiva o que deveria ser desenvolvido no software, para garantir o correto funcionamento. Para Sommerville (2011) os requisitos funcionais de um sistema descrevem o que o sistema deve fazer. Nesta fase, é importante observar, no entanto, que a descrição dos requisitos, requer um detalhamento de informações, que deve ocorrer em dois níveis de abstração distintos, o *nível usuário* e *nível de software*.

No nível de usuário o objetivo é descrever de forma sintética a funcionalidade a ser desenvolvida, sem a necessidade de elencar os passos necessários para que isso ocorra, uma vez que, tal relato será realizado no nível de softwares, que destinasse a estabelecer todas as etapas seguidas até a finalização de cada funcionalidade.

3 A TRILHA PRÉ-EXISTENTE: CONFIGURAÇÕES E USOS

3.1 História Ambiental da Área de Abrangência da Trilha Pré-Existente

Visando caracterizar historicamente a área, onde se localiza o *Campus* do Instituto Federal do Amazonas no município de Tabatinga, e, por conseguinte, local da trilha interpretativa estudada, deu-se início a uma investigação em busca de fatos, relatos e documentos relevantes, que pudessem delinear o histórico do local. Em um primeiro momento, a pesquisa concentrou-se em levantar dados oriundos de relatos de moradores antigos da área, onde se constatou que em meados da década de 90 a área era composta, predominantemente, por campo cultivado com pastagem destinada à alimentação de bovinos. Após esse período, ocorreu um processo de reorganização da ocupação da terra, sendo a mesma utilizada para cultivos tipicamente da agricultura familiar local. Esta situação perdurou até o ano de 2011, quando o IFAM se estabeleceu na área, recebendo-a a título de doação da Prefeitura Municipal de Tabatinga. No período compreendido entre 1990 e 2011 a área foi ocupada predominantemente por três famílias de agricultores, que utilizaram a terra para diversas práticas agrícolas, fato este que pode ser constatado com o auxílio de imagens históricas de satélite disponíveis pelo Google Earth datadas progressivamente nos anos de 2002, 2007 e 2018, representadas respectivamente nas Figura 6, 7 e 8.

Figura 6 - Imagem de satélite da área de estudo referente ao ano de 2002, IFAM Tabatinga, AM-2018



Fonte: Google Earth (2018)

Figura 7 - Imagem de satélite da área de estudo referente ao ano de 2007, IFAM Tabatinga, AM-2018



Fonte: Google Earth (2018)

Figura 8 - Imagem de satélite da área de estudo referentes ao ano de 2013, IFAM Tabatinga, AM-2018



Fonte: Google Earth (2018)

Após a instalação do *Campus* do IFAM nesta localidade, firmou-se em 2011 um compromisso institucional por iniciativa do gestor da instituição, onde uma parte da área territorial seria destinada instalação das unidades educativas de produção UEPs, e a outra parte tornar-se-ia área de conservação para fins educacionais. Atualmente, a área em questão

compreende a porção norte e leste do imóvel, onde já é possível identificar-se avançado processo de regeneração da vegetação (Figura 8). Esta área foi estabelecida a Trilha Educativa Demonstrativa do IFAM Campus Tabatinga (Figura 9), sendo utilizada em atividades acadêmicas e pesquisa.

Figura 9 - Percurso atual da Trilha Educativa Demonstrativa, IFAM Tabatinga, AM-2018



Organizador: PIRES (2018)

Durante as visitas de campo guiadas pelos interagentes, foi possível encontrar evidências do uso e exploração dessas áreas no passado, como ruínas de antigas moradias e áreas alteradas, possivelmente utilizadas para roças e sítios, com diferentes tipos de vegetação em estado de regeneração. Os interagentes relataram a utilização dessas áreas como ponto de atratividade. Os mesmos chamaram atenção quanto aos diferenciais na tipologia de vegetação em diferentes estágios de sucessão, sendo possível evidenciar a ocorrência do processo de resiliência ecológica. Outro aspecto salientado foi à existência concomitante de espécies exóticas como o jambo (*Eugenia malaccensis* L.) e a manga (*Mangifera indica* L.), e espécies nativas como o açai (*Euterpe precatoria* Mart. e *E. oleracea* Mart.), a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum) o que sugere a possibilidade desses espaços representarem pretéritos sítios dos agroecossistemas familiares (Figura 10).

Figura 10 - Ponto de observação onde se apresenta uma área de sítio, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES (2018)

Outro ponto destacado pelos interagentes se caracteriza pelo seu aspecto de área descampada (Figura 11), provavelmente pela associação de dois fatores. O uso intensivo do local para pastagem e o tipo de solo mais arenoso, característico de áreas mais baixas próximas aos cursos d'água na região. Neste local pode-se notar a presença de um tipo de vegetação, o capim-sapê (*Imperata brasiliensis* Trin.), gramínea que serve como elemento indicador do alto nível de acidez no solo, além de denotar que o processo de degradação do solo ainda encontra-se muito evidente. Segundo relatos dos interagentes, a existência predominante de uma espécie singular no local, indica dentre outros fatores, que o processo de ciclagem de nutrientes, embora ocorra, esteja sendo realizado de maneira lenta, o que contribui para aumento do tempo necessário para recuperação do solo.

Figura 11 - Área descampada com a presença predominante de capim sapê, elemento indicador do alto nível de acidez no solo, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES (2018)

Durante todo percurso da trilha é possível perceber a existência de um pequeno igarapé com água corrente (Figura 12). Segundo relatos de antigos moradores e dos interagentes que guiaram a pesquisa, neste local, existia um balneário, utilizado por moradores e populares no passado. Nos dias atuais, existe apenas um pequeno igarapé que se estende por toda área de estudo no Instituto Federal do Amazonas, porém é perceptível que em decorrência da habitação no entorno do *Campus*, a água deste igarapé apresenta sinal evidente de alteração da qualidade. Pelos relatos, o igarapé sofreu inúmeras perturbações desde sua nascente ocasionando mudanças no fluxo da água, assim como considerável redução no nível de vazão.

No entanto, também é perceptível a mudança na qualidade da água ao longo do percurso da mesma pela área com maior adensamento vegetal. Pode-se notar a presença positiva de macrófitas aquáticas, plantas que contribuem no processo de filtragem de nitrogênio, fósforo e amônia na água, ou seja, trata-se de uma importante espécie que atua no processo de depuração de corpos d'água.

Levantamentos da ictiofauna realizados pelos docentes e discentes do IFAM constataram a existência de aproximadamente 50 espécies de peixes nas águas do igarapé, mais especificamente no trecho localizado no interior da área de responsabilidade do IFAM, além de ser possível visualizar a presença de espécimes de camarão do Solimões (*Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862)), espécie que, segundo o interagente de

formação em engenharia de pesca, é considerado um indicador de baixo nível de poluição da água.

Figura 12 - Trecho do igarapé com água corrente, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES (2018)

Este igarapé corta a trilha pré-existente em sua porção final (Figura 13), sendo necessário realizar a transposição do mesmo por meio de um tronco de árvore. Os docentes interagentes descrevem que este ponto é bastante apreciado pelos discentes, principalmente pela presença das plantas aquáticas.

Figura 13 - Ponto de transposição do igarapé usado como laboratório interdisciplinar, com a presença de plantas aquáticas, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES (2018)

As informações apresentadas pelos professores interagentes, ao percorrerem a trilha, demonstram a potencialidade pedagógica da mesma. As inúmeras interações e intervenções no ambiente em questão contribuíram para a configuração de diversas unidades de paisagens com características e elementos singulares e diversificados. A coexistência dessa diversidade corrobora para o desenvolvimento de conteúdos das diferentes áreas do conhecimento de maneira interdisciplinar favorecendo a compreensão da complexidade que representa um sistema ambiental. Neste sentido, a Trilha Educativa Demonstrativa apresenta-se como um verdadeiro laboratório interdisciplinar vivo e dinâmico, podendo ser utilizada como instrumento pedagógico de grande relevância.

3.2 Pontos de Atratividades

Durante as visitas de campo guiadas pelos interagentes, foi possível realizar a coleta de dados referentes aos diversos pontos da trilha, registrando-se um total de 26 pontos utilizados em atividades acadêmicas. A fase da pesquisa que consistiu na identificação dos pontos de atratividade foi baseada no Método IAPI (Indicadores de Atratividade em Pontos Interpretativos) adaptado à pesquisa de forma a colaborar no processo e identificação dos pontos de atratividade.

O método IAPI facilita a seleção de pontos com mesmo tema em trilhas interpretativas. Além de tornar a escolha menos subjetiva com o uso de indicadores que refletem a atratividade do sítio, a vantagem da aplicação do método IAPI é o

aumento da apreciação e do interesse do visitante sobre o tema interpretado. (MAGRO e FREIXÊDAS, 1998, p.4)

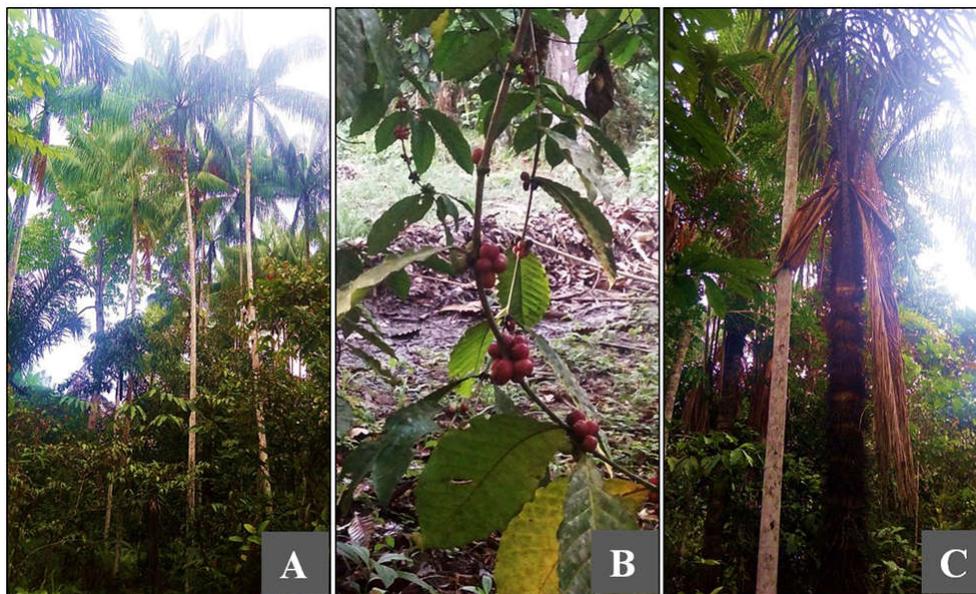
A vista guiada viabilizou a identificação dos pontos utilizados pelos interagentes em suas atividades de campo, assim como o registro de elementos que os qualificam quanto à atratividade pedagógica. Por meio de equipamento de registro de sinal de GPS foram obtidas as coordenadas geográficas dos pontos, sendo os mesmos identificados provisoriamente com fitas de demarcação. Nas visitas foram utilizadas duas estratégias, inicialmente cada profissional apresentou os aspectos com maior relevância para utilização de cada ponto em suas atividades práticas. No segundo momento, baseado no relato de cada profissional, verificou-se a possibilidade de se estabelecer um diálogo entre as diferentes áreas do conhecimento, enriquecendo as discussões referentes aos pontos de atratividade, abrindo um leque de possíveis explorações interdisciplinares.

Neste sentido, em substituição ao princípio do método IAPI que sugere a elaboração de uma tabela onde são elencados os principais elementos em cada ponto, atribuindo-lhes uma pontuação para se estabelecer uma classificação dos pontos com maior índice de elementos atrativos, optou-se em selecionar os pontos utilizados com maior frequência pelos diferentes docentes. Como resultado, chegou-se a um total de 18 pontos de atratividade para utilização no produto educacional.

Após a identificação dos pontos de atratividade, realizou-se a sistematização dos dados obtidos na pesquisa de campo de acordo com as respectivas áreas de formação dos interagentes e as disciplinas ministradas. A Trilha Educativa Demonstrativa do IFAM apresenta múltiplos usos didáticos de acordo com as diferentes intenções planejadas, sendo as atividades desenvolvidas em consonância com área de estudo de cada disciplina e área de formação do docente, como descrito a seguir.

Interagente com formação em engenharia agrônômica: descreve o uso da trilha na disciplina Produção Vegetal do curso Técnico Integrado em Meio Ambiente, com o objetivo de abordar com os discentes, informações e conteúdos referentes à: características do solo no percurso da trilha, tipos de vegetação, reconhecimento de plantas indicadoras de qualidade do solo, espécies vegetais e seus diferentes usos e potenciais, como por exemplo, uso alimentar (Figura 14) e ornamental (Figura 15).

Figura 14 - Exemplos de uso alimentar, encontrados na Trilha Educativa Demonstrativa. (A) açai (*Euterpe precatoria* Mart.); (B) café (*Coffea canephora* P.); Tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Meyer).



Fonte: PIRES (2018)

Figura 15 - Exemplos de uso ornamental encontrados na Trilha Educativa Demonstrativa. (A) Heliconia (*Heliconia augusta* Vell.); (B) Helicônia (*Heliconia velloziana* Emygdio); (C) *Palicourea Lasiantha* K. Krause.



Fonte: PIRES (2018)

Diante disso, o interagente relata utilizar a trilha com diferentes estratégias didáticas: aulas expositivas, dinâmicas de grupos e levantamento de informações nos pontos de atratividade. Para exemplificar uma atividade prática, o interagente demonstrou em

determinado ponto da trilha, onde se pode observar a predominância de uma espécie de samambaia, planta esta, que possui valor comercial, pois pode ser utilizada para fins ornamentais (Figura 16). Por outro lado, a presença dessa espécie em ambiente natural também pode ser uma indicação de elevado nível de acidez do solo.

Figura 16 - Samambaias, plantas indicadoras do nível de acidez no solo, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES R.E. (2017)

Interagentes com formação em Engenharia de Pesca: Apresentou o uso da Trilha na disciplina limnologia do curso Técnico Subsequente em Recursos Pesqueiros, com intuito de desenvolver com os discentes conteúdos relacionados aos aspectos biológicos, químicos, físicos, meteorológicos, geológicos e ecológicos, enfatizando os corpos d'água, as nascentes e os diferenciais ambientais na área de estudo da trilha. Este ainda destaca a possibilidade de realizar observações visuais e mediadas por coletas e medições de parâmetros de qualidade da água, do processo de depuração da água do igarapé, fenômeno este que ocorre naturalmente ao longo do percurso do igarapé. Essas atividades de observação são possíveis, uma vez que, o igarapé se prolonga por toda extensão da propriedade do IFAM e apresenta evidências claras da diminuição do nível de poluição da água, conforme se pode notar nas (Figura 17 e 18), representando trechos do igarapé no início e no final da propriedade do IFAM, respectivamente.

Figura 17 – Mostra da qualidade da água no igarapé no trecho situado no início da trilha, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES R.E. (2017)

Figura 18 – Trecho do igarapé situado ao final da trilha, evidenciando diminuição do nível de poluição ocorrido de maneira natural, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES R.E. (2017)

Interagentes com formação em Biologia: Apresentou o uso da Trilha na disciplina Ecologia e Educação Ambiental do curso Técnico em Meio Ambiente, nas modalidades Subsequente e Integrado. Nesta atividade o intuito é ministrar aulas práticas, abordando as temáticas relacionadas às interações ecológicas intraespecíficas, que ocorrem entre seres da mesma espécie, e as interespecíficas, entre seres de espécies diferentes. O campo possibilita a

observação de interações ecológicas harmônicas entre os seres vivos, quando não há prejuízo para nenhum dos indivíduos envolvidos, e desarmônicas, quando pelo menos um se prejudica.

Diante disso, o mesmo expôs alguns exemplos encontradas no percurso da trilha, dentre as quais, descaram-se a interação harmônica de inquilinismo existente entre o tucumanzeiro e a samambaia mostrada na (Figura 19), onde se evidencia que a samambaia habita o tronco do tucumanzeiro sem o prejudicá-lo. Nesta relação o interagente relata que o objetivo da samambaia é alcançar elevação necessária para obter maior incidência de raios solares, e conseqüentemente aumentar o processo de fotossíntese. Em outro ponto no percurso da trilha o interagente apresentou outros tipos de interações harmônicas e desarmônicas (Figura 20).

Figura 19 – Relação harmônica de inquilinismo, IFAM Tabatinga AM-2018



Fonte: PIRES R.E. (2017)

Figura 20 - Outros exemplos e relações ecológicas encontradas no percurso da trilha, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES R.E. (2017)

Outros conteúdos são abordados ao longo da trilha dependendo da oportunidade, como por exemplo, pegada de animais, tipos de raízes de espécies arbóreas, processo de germinação de espécies silvícolas, dentre outras (Figura 21).

Figura 21 - Mostra de pegadas de animais, raízes de espécies arbóreas e processo de germinação, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES R.E. (2017)

Ao apresentar a sistematização dos dados aos interagentes, os mesmos ficaram surpresos ao constatarem que utilizavam, praticamente, os mesmos pontos em suas aulas de campo, porém com finalidades distintas o que representa um potencial a mais na prática da interdisciplinaridade. A discussão com base nos conteúdos apresentados pelos interagentes possibilitou a seleção dos principais pontos de atratividades, totalizando 18 pontos no percurso da trilha.

Nestes locais foram realizados registros fotográficos e captação de áudio ambiente associando-os às coordenadas geográficas previamente obtidas dos pontos de atratividade. Com posse dessas informações, foram elaboradas placas de identificação dos referidos pontos. As placas têm tamanho 42 x 29,7cm, e foram impressas em lona, devido à qualidade de impressão no material e sua durabilidade em ambientes externos (Figura 22).

Figura 22 - Modelo de placa de identificação fixada nos pontos de atratividade da trilha, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES R.E. (2017)

No e-Trilha o interagente terá acesso a informações sobre os pontos de atratividades pré-selecionados na Trilha Educativa Demonstrativa. O acesso a estas informações pode ocorrer por dois meios, a primeira opção é clicar na opção **[Pontos de Atratividade]** a partir do menu principal. A segunda forma é utilizando o **[Leitor de QRcode]**, e direcionar o smartphone para o QRcode presente nas placas de identificação existentes no percurso da trilha.

Visando apresentar descritivamente características encontradas nos pontos de atratividades da trilha. A seguir, será demonstrado as informações sobre o ponto de atratividade número 13 da trilha, ilustrando assim, os dados aos quais os interagentes terão acesso ao utilizarem o *e-Trilha*.

Ponto de Atratividade nº 13 – Ponto onde se pode observar a presença de exemplar da imponente Castanheira do Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), espécie nativa, com alto valor socioeconômico para a região. Neste local devido à presença da Castanheira do Brasil, é possível relacionar com estudos da área ambiental e observar que se trata de uma espécie dominante na floresta, possuindo um comportamento heliófilo, necessitando de clareira com maior intensidade de luminosidade para melhor desenvolvimento de suas mudas. Neste sentido Scoles et al. (2011) corrobora afirmando que um dos fatores diretamente ligados ao crescimento vertical das mudas está na relação direta de exposição à luz incidente, desta forma a castanheira se estabelece como espécie dominante tanto na parte aérea quanto terrestre. Dentre outras temáticas, a área biológica ajuda na compreensão de como ocorre a dominância da castanheira sobre outras espécies, e relaciona este fenômeno ao estudo das relações ecológicas. O ponto de atratividade nº 13 é apresentado na (Figura 23).

Figura 23 - Exemplar de Castanheira do Brasil presente nos pontos de atratividade nº 13 da trilha, IFAM Tabatinga AM-2018.



Fonte: PIRES R.E. (2017)

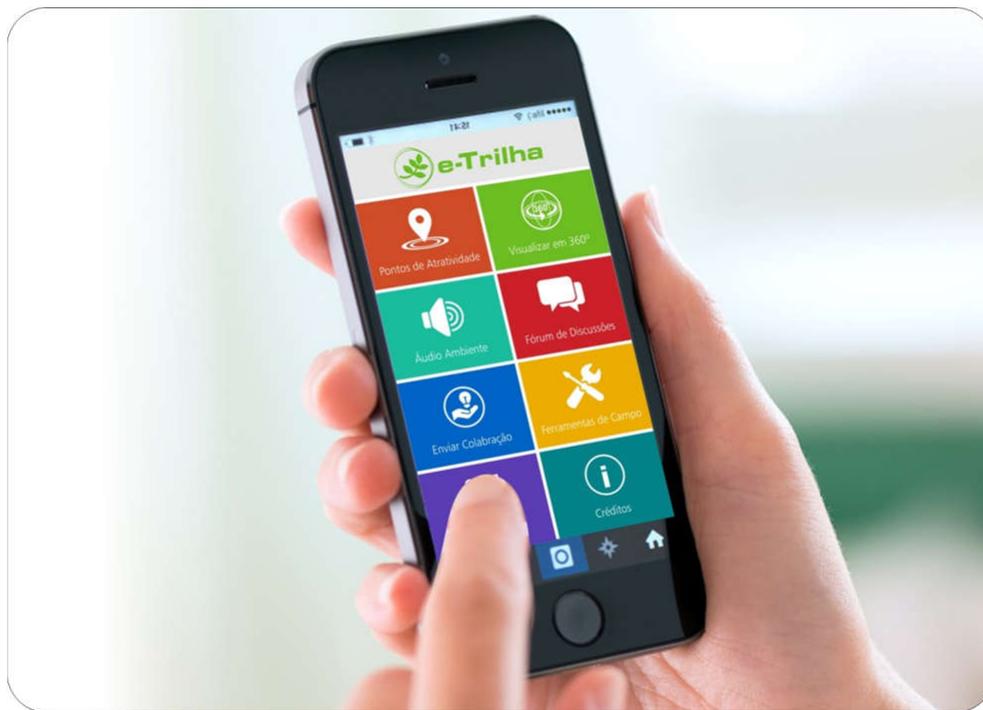
4 O *e*-TRILHA

O *e*-Trilha é um aplicativo para dispositivos móveis, que tem como principal objetivo, a virtualização de trilhas interpretativas, utilizando-se do conceito da interoperabilidade para realizar a troca satisfatória de informações entre a trilha real (sistema não informatizado) e a trilha virtual (sistema informatizado), a partir do uso de uma interface simplificada e colaborativa. O aplicativo foi desenvolvido com intuito de tornar-se uma ferramenta para uso pedagógico. Por este motivo, optou-se por sustentar suas bases conceituais, em três pilares fundamentais, a interoperabilidade, colaboratividade e o ensino das ciências ambientais. O conceito da interoperabilidade permite aos docentes, discentes e demais interagentes, interagirem e operacionalizarem dentro do ambiente virtual, informações referentes à trilha interpretativa real. Essa interação virtual ocorre a partir da utilização de imagens em 360° e áudios, capturados no percurso da trilha em pontos de atratividades georreferenciados durante a pesquisa.

O conceito da colaboratividade está enfatizado no aplicativo a partir de recursos que possibilitem ao interagente, a qualquer momento, obter e/ou compartilhar informações referentes a elementos percebidos nos pontos de atratividades, estabelecendo assim, uma importante troca de experiências com os demais interagentes do aplicativo e uma base sólida de conhecimentos. Para compartilhar informações e colaborar acrescentando informações relevantes à base de dados do sistema, o interagente tem a sua disposição, a partir do menu principal do *e*-Trilha, os ícones **[Enviar Colaboração]** e **[Fórum de Discussões]**.

A partir do menu principal (Figura 24) o interagente poderá acessar a opção **[Ferramentas de Campo]** e fazer registros fotográficos e gravar áudio ambiente usando as opções **[Câmera]** e **[Gravador de Som]** respectivamente, além de realizar anotações pelo ícone **[Anotações]**. Também é possível acessar informações adicionais a respeito de alguns elementos encontrados nos pontos de atratividades, e assim, explorar com maior detalhe o complexo sistema ambiental presente em cada ponto no percurso da trilha. Para tanto, o interagente deverá utilizar a função **[Leitor de QRcode]**, e direcionar a câmera do smartphone para o *QRcode* presente nas placas de identificação em cada ponto de atratividade. Estas informações disponibilizadas ao interagente foram resultantes da fase de coleta de dados realizada durante as pesquisas de campo e estão cadastradas na base de dados do aplicativo, disponíveis para acesso e abertas a inclusão de colaboração pelos interagentes.

Figura 24 - Tela principal do *e-Trilha* sendo utilizado em dispositivo móvel com sistema iOS.



Fonte: PIRES R.E. (2017)

É importante ressaltar que existem quatro perfis de intergente no *e-Trilha*, sendo eles: *Docente*, *Discente*, *Pesquisador* e *Visitante*. Todos os perfis podem, a qualquer momento colaborar enviando suas contribuições a partir da opção **[Enviar Colaboração]**, incluindo informações no sistema. No entanto, as colaborações enviadas pelos intergentes serão submetidas ao Comitê Técnico Científico do *e-Trilha* e, somente após a emissão do parecer deste, as informações serão incluídas na base de dados e disponibilizadas publicamente no aplicativo.

4.1 O *e-Trilha* como Estratégia Metodológica Colaborativa

O *e-Trilha* tem como propósito, tornar-se uma ferramenta de grande valia no âmbito educacional. Pode ser inserido na práxis pedagógica, permitindo aos intergentes a visitação virtual à Trilha Educativa Demonstrativa, abrindo uma gama de possibilidades para uso didático interdisciplinar, além de ser um elemento motivacional com forte apelo junto aos discentes.

Por se tratar de um aplicativo para uso em dispositivos móveis, o processo de desenvolvimento do *e-Trilha* foi delineado com intuito de construir um sistema rápido, leve e atrativo, com forte apelo junto ao público jovem, devido a sua aparência simplificada. Por este

motivo, o design gráfico foi elaborado de maneira interativa, com ícones autoexplicativos, organizados em blocos, com cores diversificadas e tamanho relativamente grande, que facilitam o acesso na tela dos dispositivos móveis. Devido a este grupo de fatores elencados, o *e-Trilha* surge como uma ferramenta colaborativa, podendo ser associada de à práxis pedagógica, contribuindo para o ensino das Ciências Ambientais.

Assim o *e-Trilha* é um produto educacional com múltiplas possibilidades de uso, por exemplo: planejamento de atividades de campo (uso prévio), complementação de atividade de campo realizada (uso posterior), planejamento de atividades interdisciplinares (planejamento pedagógico), registro de dados de campo (pesquisa) e promoção de atividades com a sociedade local (extensão).

4.2 Análise e Desenvolvimento do Aplicativo

Para o desenvolvimento do produto educacional da pesquisa, realizou-se um estudo com intuito de definir para qual arquitetura de sistema operacional o aplicativo seria desenvolvido. Neste sentido, optou-se pela utilização de 2 plataformas para dispositivos móveis, o sistema Android e iOS, por considerar a predominância do referido sistema na atualidade, expandindo desta forma, o alcance do *e-Trilha* a um maior número de interagentes. Em um segundo momento foi necessário optar por um método para nortear todo o processo de desenvolvimento.

4.2.1 Princípios da Confiabilidade, Integridade e Disponibilidade

Dentro do processo de desenvolvimento do *e-Trilha*, se fez necessário considerar a segurança da informação, como um fator preponderante para se conceber a aplicação. Desta forma, a definição de recursos disponibilizados, meios de acesso dos interagentes, formas de autenticação, hierarquia de acessos e plataforma de uso se tornaram elementos prioritários no processo.

Tomando como referência a ISO/IEC 17799 que trata da Tecnologia da Informação – Código de Prática para Gestão da Segurança de Informações o *e-Trilha* foi elaborado respeitando os princípios da Confiabilidade, Integridade e Disponibilidade, onde:

Confiabilidade – consiste na implementação de recursos que possam garantir o acesso exclusivamente aos usuários autorizados, garantindo seus respectivos níveis de acessos dentro da hierarquia da aplicação. No *e-Trilha*, apenas interagentes autenticados têm acesso

ao aplicativo, e apenas o Administrador tem acesso à base de dados e menus de configurações.

Integridade – trata-se do uso de meios que possibilitem o armazenamento e manipulação adequado, correto e íntegro das informações fornecidas pelos interagentes. As informações enviadas ao *e-Trilha* são previamente avaliadas e validadas pelo Comitê Técnico Científico de acordo com sua precisão e coerência de conteúdo.

Disponibilidade – refere-se aos meios disponibilizados aos interagentes para que estes tenham acesso à aplicação sempre que necessitar. Assim optou-se pelo desenvolvimento de um aplicativo destinado ao uso em dispositivos móveis, e suas funcionalidades podem ser acessadas em modo off-line, ou seja, sem a necessidade de conexão com a internet.

4.2.2 Levantamento de requisitos (SPRINT 01)

Os requisitos são as descrições das necessidades ou desejos de um produto. São os objetivos da etapa de levantamento de requisitos: Descrever as funcionalidades do sistema, estabelecer uma base para a criação de um projeto de software, definir um conjunto de requisitos que possa ser avaliado quando o software for construído.

O levantamento destes requisitos está dividido em dois tipos: funcionais e não funcionais. Assim, na presente pesquisa, o levantamento de requisitos visou demonstrar de forma clara e objetiva o que deveria ser desenvolvido o software, para garantir o correto funcionamento.

4.2.3 Requisitos Funcionais

Para Sommerville, (2011) os requisitos funcionais de um sistema descrevem o que o sistema deve fazer. Baseado na metodologia de desenvolvimento SCRUM, o processo de definição dos requisitos funcionais se faz necessário, pois a partir desta se pode definir quais são as funcionalidades que deverão estar contidas no sistema, estas funcionalidades devem ser descritas separadamente em 2 níveis de abstração o *nível de usuário* e o *nível de sistema*. No nível de usuário a descrição apresenta de forma clara e objetiva a atividade a ser realizada, e no nível de sistema, deve-se apresentar quais os passos necessários para se realizar esta atividade.

Tabela 1 - Requisitos Funcionais do *e-Trilha*.

Atividade: LEVANTAMENTO DE REQUISITOS FUNCIONAIS	
Aplicação: <i>e-Trilha</i>	Tempo de Execução: 5 dias

Nível de Usuário	Nível de Sistema
1. Efetuar Login	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir janela de login • Efetuar login • Exibir menu principal
2. Cadastrar interagente	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir Formulário de cadastro de interagente. • Abrir solicitar opção de perfil de usuário. • Cadastrar interagente no banco de dados do sistema.
3. Pontos de Atratividade	<ul style="list-style-type: none"> • Exibir uma lista de opções contendo uma imagem em miniatura e a descrição do conteúdo do referido item. <p>[Ponto 01] + Descrição</p> <p>[Ponto 02] + Descrição</p> <p>[Ponto 03] + Descrição</p> <p>[Segue a listagem até o item 18]...</p>
4. Visualizar em 360°	<ul style="list-style-type: none"> • Exibe fotografia em 360° de cada ponto de atratividade. • Exibe botão para ativa ou desativar [Som Ambiente].
5. Áudio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Exibir uma playlist contendo uma os arquivos de áudio nomeados de acordo com o ponto de atratividade onde foi captado. <p>[Ponto 01]</p> <p>[Ponto 02]</p> <p>[Ponto 03]</p> <p>[Segue a listagem até o item 18]...</p>
6. Fórum de Discussão	<ul style="list-style-type: none"> • Exibir lista com tópicos abordados, classificados por data de criação. • Exibir opção [Criar Tópico]. • Ao selecionar um tópico de discussão, o interagente terá a opção de [Adicionar Comentário] • O Administrador do sistema e os interagente com perfil <i>Docente</i> poderão excluir comentários inadequados e/ou abusivos, usando a opção [Excluir Comentário].
7. Enviar Colaboração	<ul style="list-style-type: none"> • Exibir formulário para cadastramento da colaboração a ser enviada. • Exibir o botão [Anexar]

	<ul style="list-style-type: none"> • Enviar as informações coletadas ao e-mail do comitê técnico Científico do <i>e-Trilha</i>.
8. Ferramentas de Campo	<ul style="list-style-type: none"> • Exibir janela contendo as opções abaixo. [Câmera] [Leitor de QRcode] [Gravador de Som] [Anotações]
9. Glossário	<ul style="list-style-type: none"> • Exibir lista de palavras, termos e siglas, acompanhadas de seus respectivos significados. A lista deve está organizada em ordem alfabética.
10. Créditos	<ul style="list-style-type: none"> • Exibir lista contendo os créditos do aplicativo.

4.2.4 Requisitos não funcionais

Para viabilizar o desenvolvimento do aplicativo *e-Trilha*, foi necessário elencar os requisitos não funcionais do sistema. Diante da relação destes, tornou-se possível identificar as regras, limitações e especificações que teriam que ser seguidas no processo de desenvolvimento.

Tabela 2 - Requisitos Não Funcionais do Sistema.

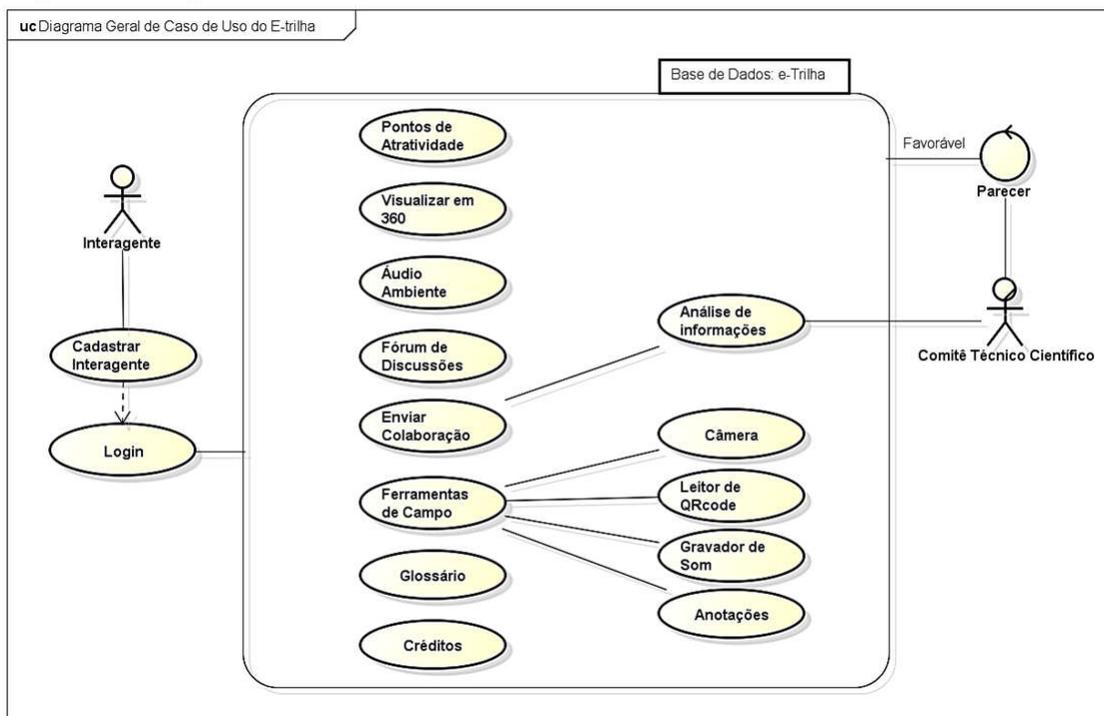
Atividade: LEVANTAMENTO DE REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	
Aplicação: <i>e-Trilha</i>	Tempo de Execução: 5 dias
Nível de Usuário	Nível de Sistema
1. Restrição quanto ao Sistema Operacional	<ul style="list-style-type: none"> • O aplicativo terá compatibilidade apenas com dispositivos com sistema Android.e iOS. • O aparelho smartphone deverá possuir o recurso Giroscópio.
2. Limitação de espaço para armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> • O sistema deve disponibilizar aos interagentes as opções: [Baixar Base de Dados] [Usar Base de Dados Online] • O sistema deve disponibilizar download de atualizações da base de dados, com frequência quinzenal.
3. Limitação de Conectividade	<ul style="list-style-type: none"> • Os dados do sistema devem está disponíveis para acessos em modo off-line, sempre que o interagente

	<p>optar por [Baixar Base de Dados].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mensagens enviadas em modo off-line para [Grupo de Discussão], só serão disponibilizadas aos demais interagentes quando a conexão for restabelecida.
4. Tipo de licenciamento	<ul style="list-style-type: none"> • O sistema não terá fins lucrativos, e deve ser disponibilizado gratuitamente via Google Store e AppleStore.

4.2.5 Diagramas de caso de uso (SPRINT 02)

Segundo Maia (2005), o modelo de caso de uso é usado para representar as exigências dos usuários, seja um sistema novo (partindo do nada) ou baseado em um sistema já existente. Ele deve detalhar de forma clara e legível todo o cenário de funcionamento do sistema, ou seja, este diagrama deve apresentar de forma clara e concisa o comportamento pretendido para um sistema. No Sprint 02 realizou-se a atividade de construir o Diagrama Geral de Caso do e-Trilha (Figura 25), descrevendo de maneira visual todo esquema de funcionamento do aplicativo.

Figura 25 - Diagrama Geral de Caso de Uso do e-Trilha



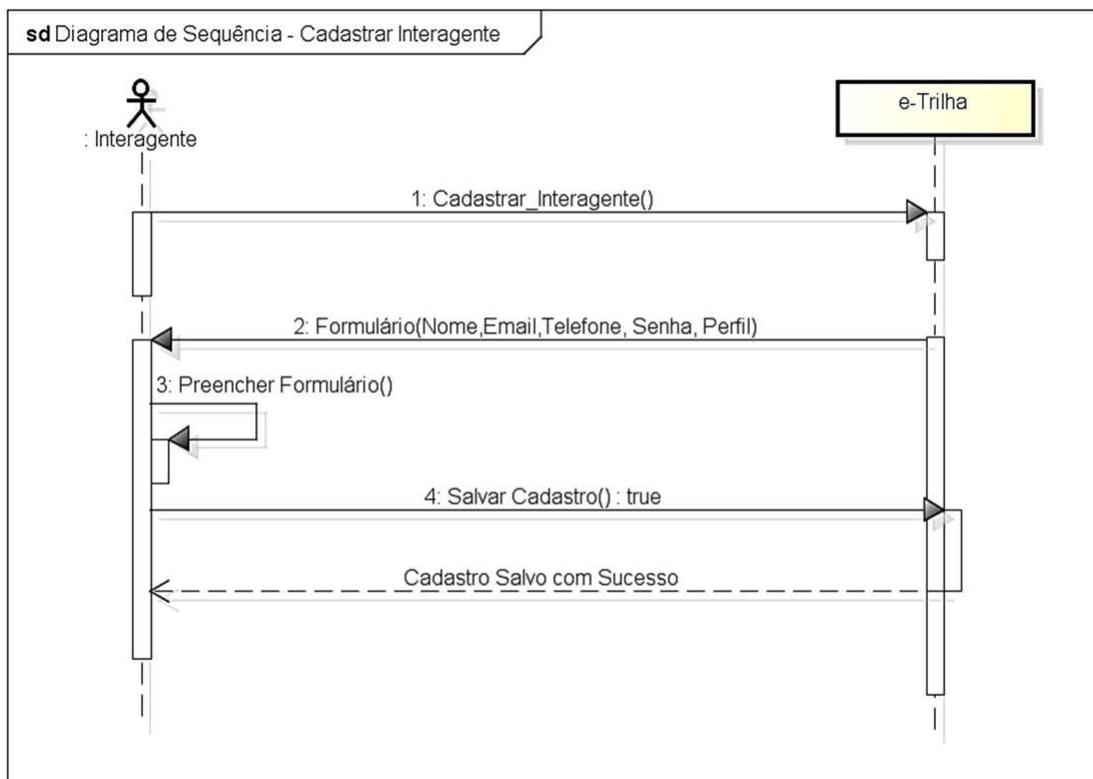
Org.: PIRES (2018)

4.2.6 Diagramas de sequência (SPRINT 03)

Os diagramas de sequência são artefatos que tem a finalidade de descrever detalhadamente a sequência de ações do interagente e o *e-Trilha*, ou seja, descreve os eventos de entrada e saída do sistema em desenvolvido. Visando facilitar o processo de construção do aplicativo, o Sprint 03 consistiu na elaboração dos diagramas de sequência, que por sua vez, tem o intuito de detalhar passo a passo, cada funcionalidade exibida no diagrama geral de caso de uso, apresentado no Sprint anterior.

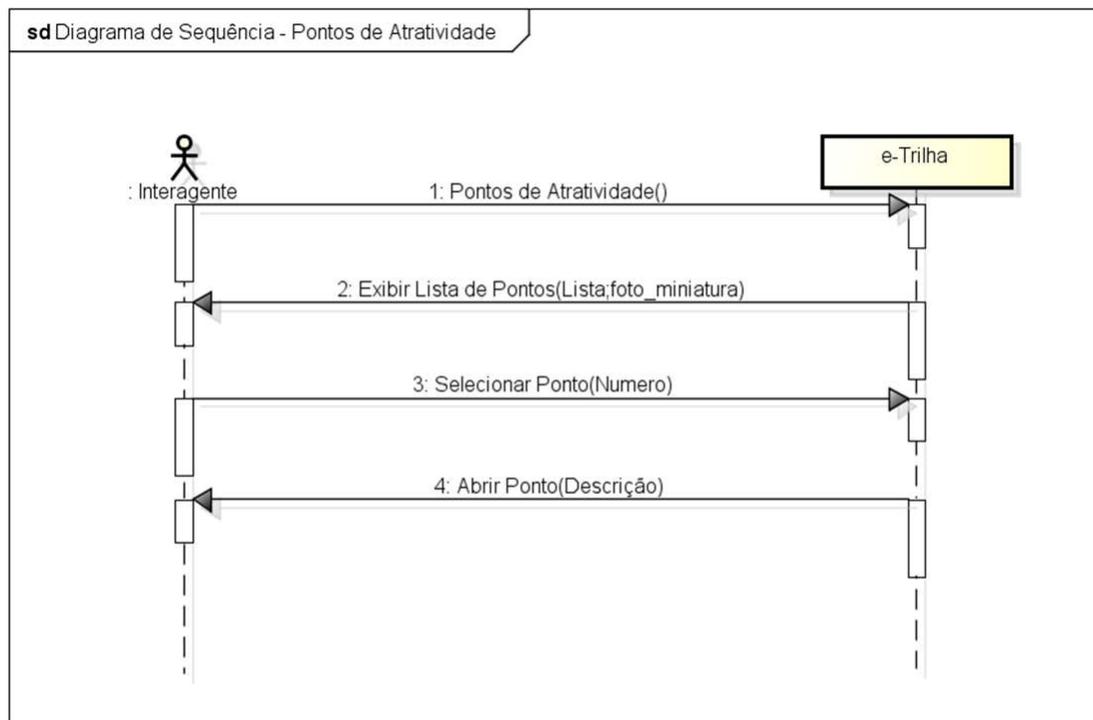
A seguir serão apresentados nas (Figura 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, e 34) os diagramas de sequência elaborados nesta fase, que teve uma duração de 10 dias.

Figura 26 - Diagrama de sequência detalhando da função Cadastrar Interagente



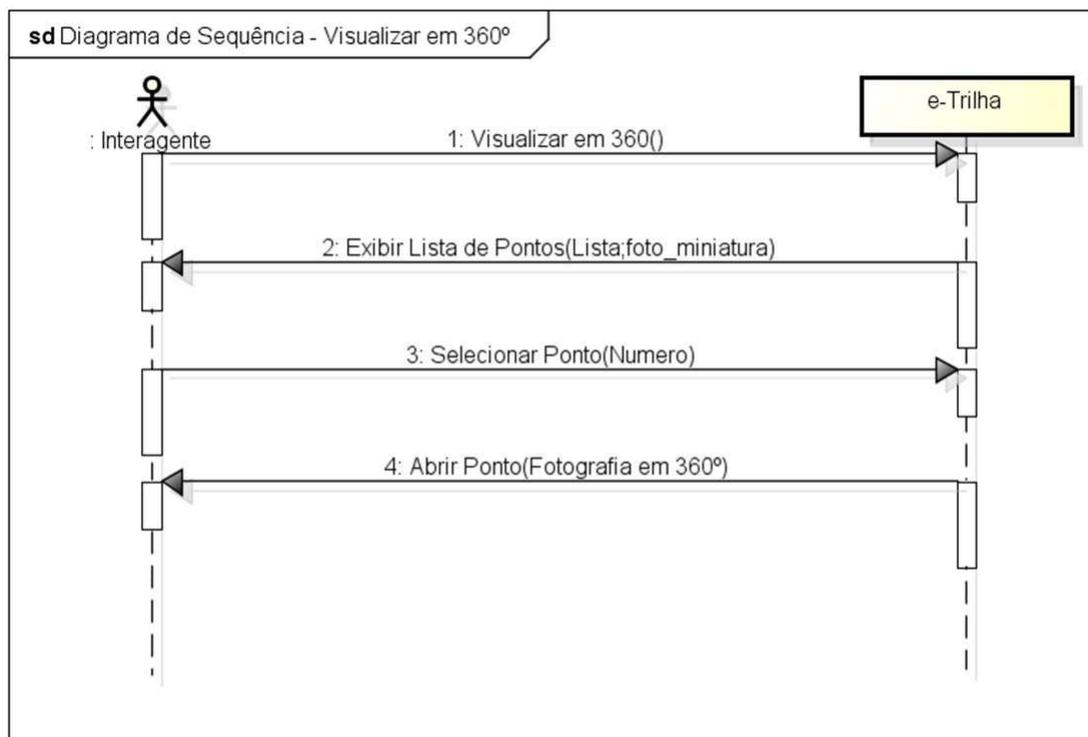
Org.: PIRES (2018)

Figura 27 - Diagrama de sequencia detalhando da função Pontos de Atratividade



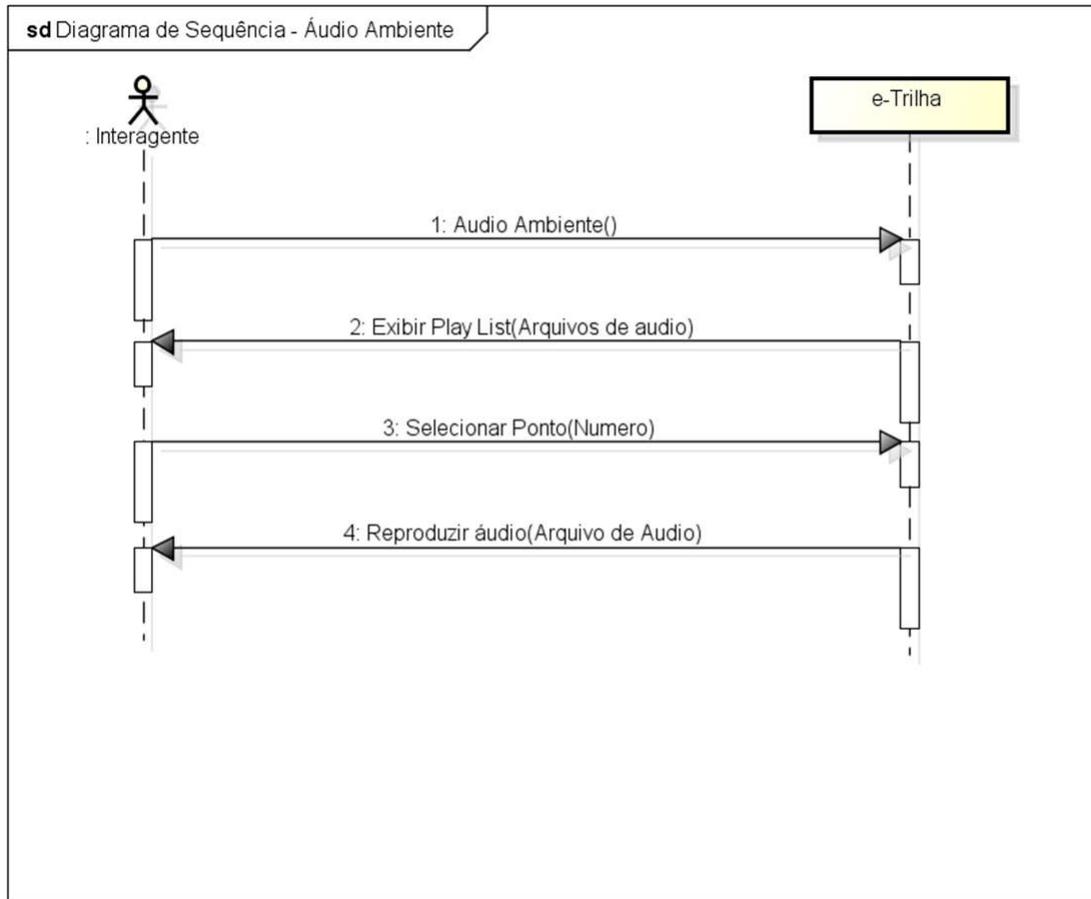
Organizador: PIRES (2018)

Figura 28 - Diagrama de sequencia detalhando da função Visualizar em 360°



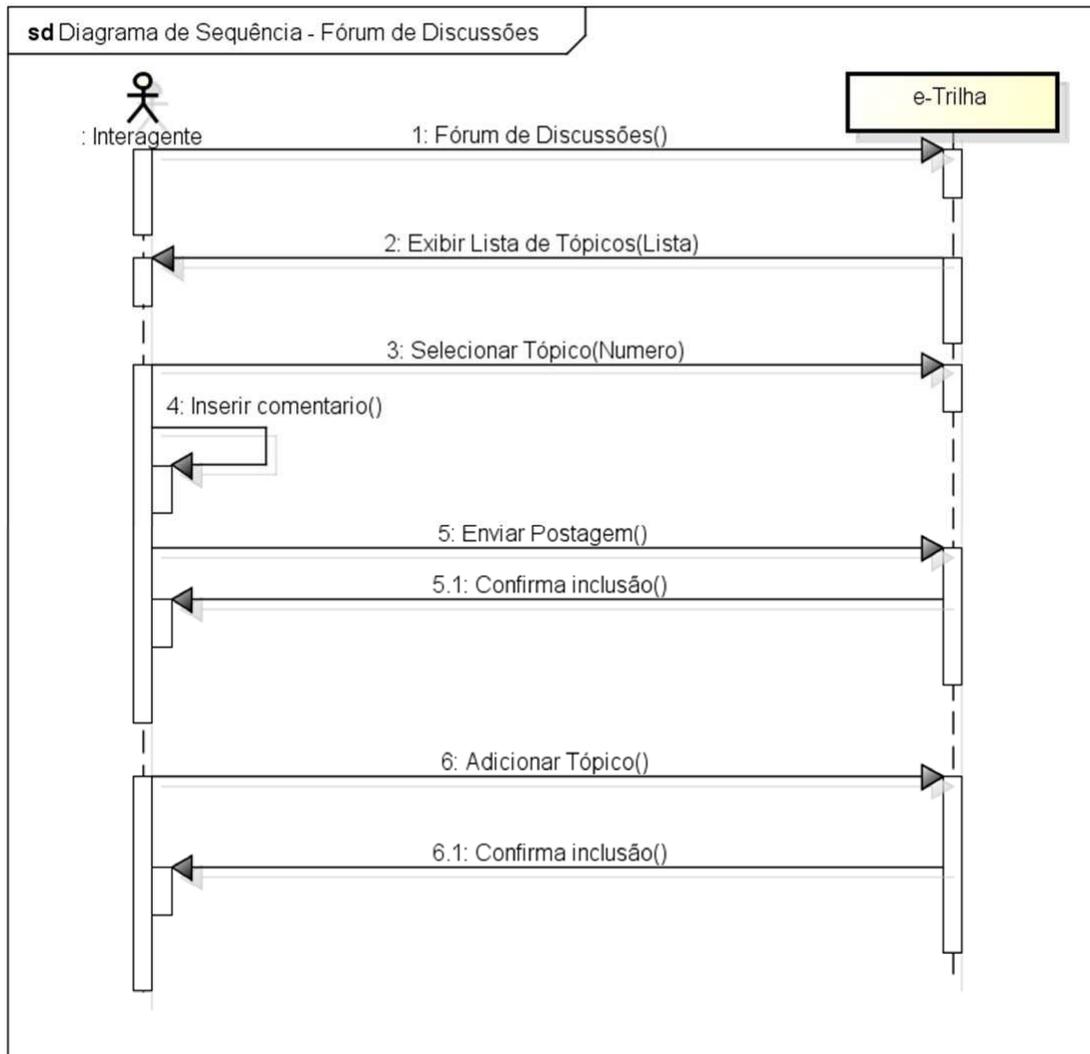
Organizador: PIRES (2018)

Figura 29 - Diagrama de sequencia detalhando da função Áudio Ambiente



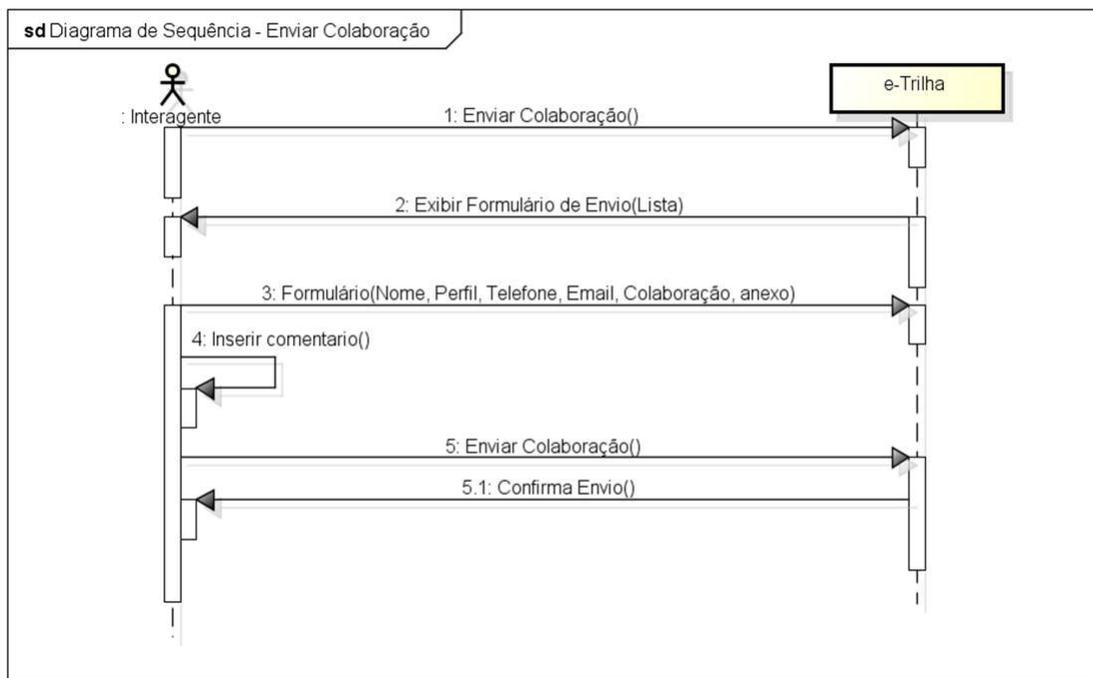
Organizador: PIRES (2018)

Figura 30 - Diagrama de sequencia detalhando da função Fórum de Discussões



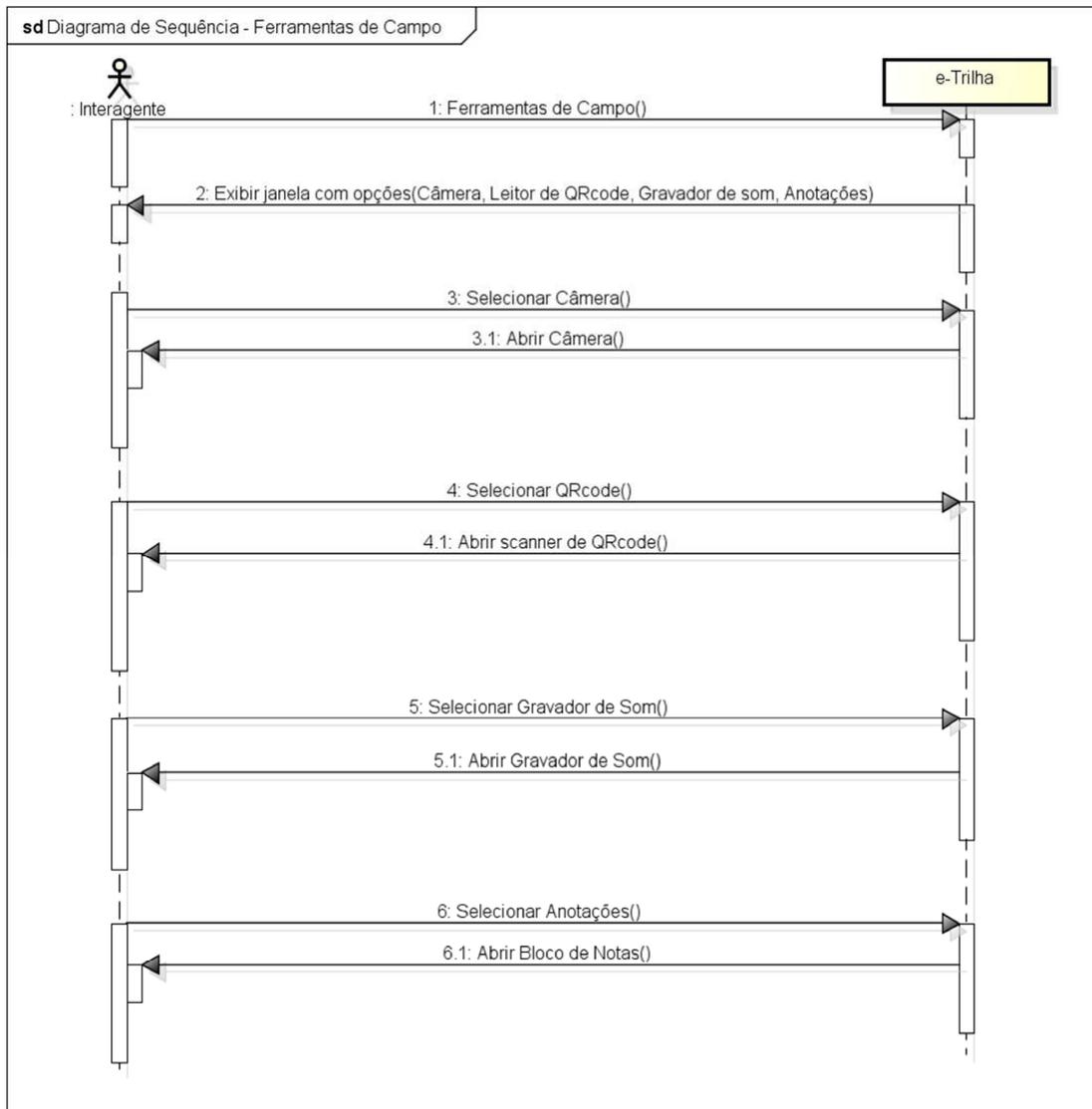
Organizador: PIRES (2018)

Figura 31 - Diagrama de sequencia detalhando da função Enviar Colaboração



Organizador: PIRES (2018)

Figura 32 - Diagrama de sequencia detalhando da função Ferramentas de Campo



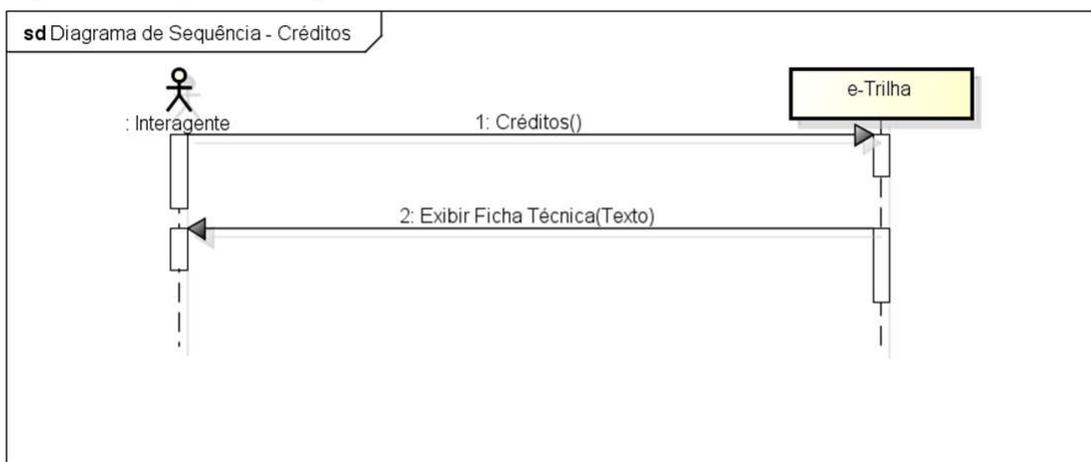
Organizador: PIRES (2018)

Figura 33 - Diagrama de sequencia detalhando da função Glossário



Organizador: PIRES (2018)

Figura 34 - Diagrama de sequencia detalhando da função Créditos



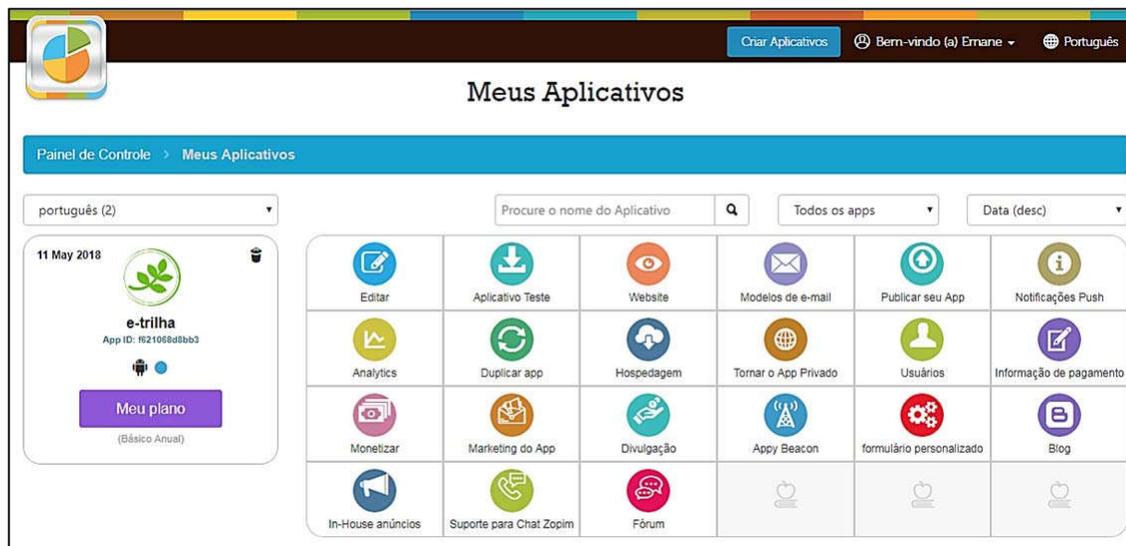
Organizador: PIRES (2018)

4.3 Construção do Sistema

O desenvolvimento do aplicativo *e-Trilha* foi realizado em oito Sprints, que consistiram em devolver individualmente cada funcionalidade do aplicativo, considerando os procedimentos descritos nas fases anteriores. Para essa finalidade utilizou-se dos recursos disponíveis na plataforma Appy pie, que consistem em uma plataforma on-line desenvolvida em 2013 no Appy pie Centro de Desenvolvimento, localizado na Índia.

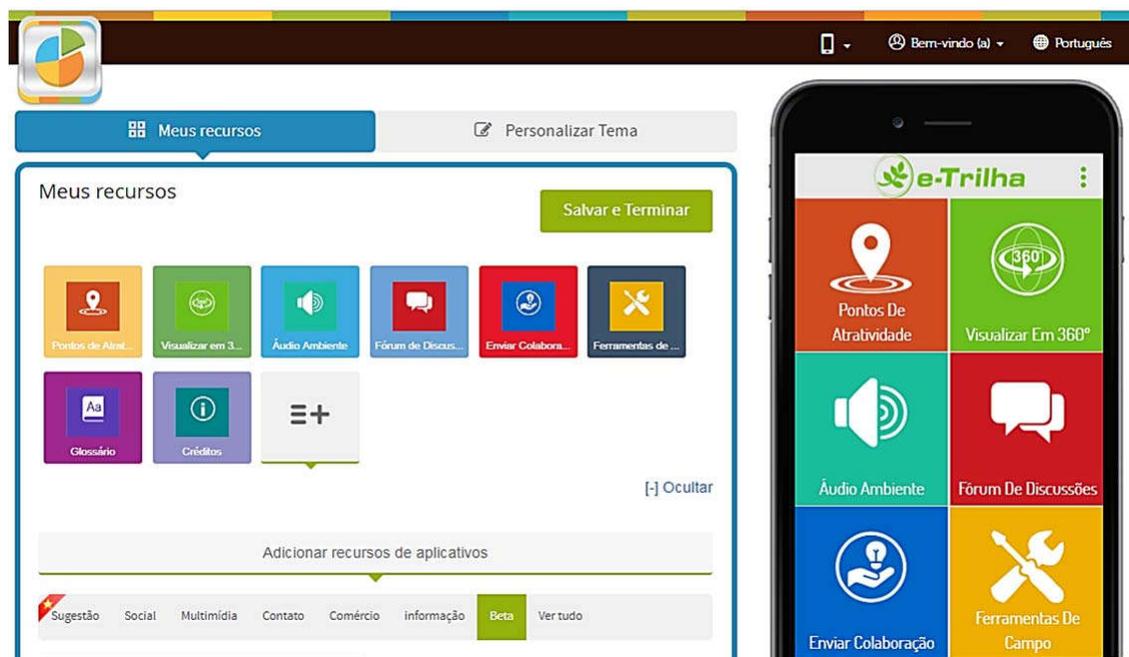
Nesta plataforma o desenvolvedor seleciona a funcionalidade que necessita, tem a possibilidade de personalizar de acordo com a necessidade da aplicação, a (Figura 35) apresenta a painel de controle principal do Appy pie e a (Figura 36) demonstra o menu principal do *e-Trilha* dentro da plataforma online.

Figura 35 - Painel de controle do Appy pie, plataforma de desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis.



Fonte: <http://www.pt.appypie.com>

Figura 36 - Menu principal do e-Trilha dentro da plataforma online.



Fonte: <http://www.pt.appypie.com>

Para o desenvolvimento do e-Trilha utilizaram-se oito funcionalidades disponíveis na plataforma. Seguindo as regras do método SCRUM, cada funcionalidade também representou um Sprint, ou seja, um ciclo recursivo de ações com intuito de desenvolver uma parte funcional do aplicativo. Abaixo estão relacionados descritivamente cada Sprint com as ações realizadas e seus respectivos prazos.

Sprint 4:	Pontos de Atratividade
Recursos Appy pie:	Blog
Objetivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a funcionalidade [Pontos de Atratividade], que permitirá ao interagente conhecer o mapa ilustrativo da Trilha, assim como visualizar informações pertinentes aos pontos de atratividade pré-selecionados no percurso da trilha.
Ações Realizadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção do recurso Blog no menu do Appy pie • Personalização do ícone representativo da funcionalidade • Edição dos textos referentes aos 18 pontos de atratividade • Seleção e inserção de fotos dos Pontos de Atratividade • Personalização dos elementos que compõe a tela da função
Prazo:	5 dias
Sprint 5:	Visualizar em 360°
Recursos Appy pie:	Foto
Objetivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a funcionalidade [Visualizar em 360°], que permitirá ao interagente utilizar a fotografias panorâmicas em 360° registradas nos pontos de atratividade pré-selecionados no percurso da trilha.
Ações Realizadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção do recurso Foto no menu principal do Appy pie • Personalização do ícone representativo da funcionalidade • Realizar o tratamento das imagens panorâmicas com auxílio de um editor de imagens. • Inserção das fotografias no banco de dados da aplicação. • Edição dos nomes dos arquivos de imagem na plataforma online. • Personalização dos elementos que compõe a tela da função
Prazo:	10 dias
Sprint 6:	Áudio Ambiente
Recursos Appy pie:	Áudio
Objetivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a funcionalidade [Áudio Ambiente], que permitirá ao interagente acessar e ouvir os arquivos de áudio registrados nos pontos de atratividade pré-selecionados no percurso da trilha.
Ações Realizadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção do recurso Áudio que consiste em criar uma playlist • Personalização do ícone representativo da funcionalidade • Realizar o tratamento dos arquivos de áudio com auxílio de um editor de áudio.

	<ul style="list-style-type: none"> • Inserção dos arquivos de áudio no banco de dados da aplicação. • Edição dos nomes dos arquivos de áudio na plataforma online. • Personalização dos elementos que compõe a tela da função
Prazo:	10 dias
Sprint 7:	Fórum de Discussões
Recursos Appy pie:	Fórum
Objetivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a funcionalidade [Fórum de Discussões], que permitirá ao interagente o ingresso em um ambiente interativo, onde terá a possibilidade de trocar informações e participar de discussões com outros interagentes, sobre a temática da trilha.
Ações Realizadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção do recurso Fórum no menu do Appy pie • Personalização do ícone representativo da funcionalidade • Criar o ambiente de interação utilizando a plataforma auxiliar disponível no site wix.com.br • Estabelecer o link de acesso a plataforma Wix e a plataforma Appy pie a partir do endereço eletrônico http://www.e-trilha.com.br/forum. • Inserção de tópicos experimentais ao Grupo de Discussões. • Personalização dos elementos que compõe a tela da função
Prazo:	5 dias
Sprint 8:	Enviar Colaboração
Recursos Appy pie:	Contato
Objetivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a funcionalidade [Enviar Colaboração], que permitirá ao interagente enviar sua colaboração para sistema, quando este considerar necessário, adicionando assim informações e relatos referentes aos pontos de atratividade visitados.
Ações Realizadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção do recurso Contato no menu do Appy pie • Personalização do ícone representativo da funcionalidade • Definir os campos que irão compor o formulário para envio das colaborações. • Definição dos endereços eletrônicos para os quais as informações serão enviada antes de ser publicada. Os endereços devem ser do comitê técnico científico com cópia para interagente autor da colaboração.
Prazo:	10 dias
Sprint 9:	Ferramentas de Campo

Recursos Appy pie:	Ferramentas de Bolso
Objetivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a funcionalidade [Ferramentas de Campo], que permitirá ao interagente ter acesso rápido a recursos como Câmera, Leitor de QRcode, Gravador de Som e Bloco de Anotações sem a necessidade de sair do aplicativo.
Ações Realizadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção do recurso Ferramentas de Bolso no menu do Appy pie • Personalização do ícone representativo da funcionalidade • Definir funções que estarão acessíveis a partir desta função <ul style="list-style-type: none"> ○ Câmera ○ Leitor de QRcode ○ Gravador de Som ○ Anotações. • Personalização do ícone representativo da funcionalidade inserida
Prazo:	5 dias
Sprint 10:	Glossário
Recursos Appy pie:	Texto
Objetivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a funcionalidade [Glossário], que permitirá o acesso à página do glossário, contendo explicações referentes aos termos, expressões ou siglas utilizadas.
Ações Realizadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção do recurso Texto no menu do Appy pie • Personalização do ícone representativo da funcionalidade • Revisão textual dos termos utilizados no glossário • Inserção e formatação do conteúdo inicial do sumário • Personalização dos elementos que compõe a tela da função
Prazo:	5 dias
Sprint 11:	Créditos
Recursos Appy pie:	Quem Somos
Objetivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a funcionalidade [Glossário], que permitirá ao interagente terá acesso à ficha técnica do e-Trilha.
Ações Realizadas:	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção do recurso Quem Somos no menu do Appy pie • Personalização do ícone representativo da funcionalidade • Revisão textual das informações que serão disponibilizadas na página de Créditos do e-Trilha. • Inserção e formatação do conteúdo da página.

	<ul style="list-style-type: none"> • Personalização dos elementos que compõe a tela da função
Prazo:	3 dias

4.4 Validação do Aplicativo

O processo de validação e testes do aplicativo *e-Trilha* foi realizado de maneira contínua, dentro de cada Sprint conforme pré-estabelecido no método SCRUM. Desta forma, foi possível testar as funcionalidades do aplicativo de forma efetiva juntamente com os interagentes Docentes da instituição.

Para este fim foi utilizado o simulador de execução de aplicativos, disponibilizado dentro da plataforma de desenvolvimento Appy pie. A partir deste foi possível realizar o download experimental do aplicativo em desenvolvimento, realizar teste e validar suas funcionalidade a cada Sprint desenvolvido.

Todo processo de idealização e desenvolvimento do *e-Trilha* consistiu em um grande desafio, onde caberia conceber uma aplicação funcional, com bases sólidas, em preceitos teóricos coerentes e complementares entre si. Neste sentido a construção do produto educacional foi apoiada em uma abordagem epistemológica no âmbito da complexidade sistêmica como sugere Morin (2000), a partir da qual, se tornou possível compreender a subjetividade da natureza humana, e, por conseguinte, o conhecimento como fruto de um processo recursivo de interações, entre o individuo, a sociedade e o sistema ambiental em que está inserido.

Diante disto serviu-se da oportunidade de construir um produto educacional tecnológico, capaz de estabelecer a interação direta de seus interagentes com o sistema ambiental na produção de conhecimentos. Para esta finalidade, foi fundamental compreender e aplicar o acoplamento estrutural sugerido por Maturana e Varela (2001), possibilitando concretizar a interoperabilidade entre o sistema real e o virtual, dando origem ao *e-Trilha*. Segundo Maturana e Varela (op. cit.) duas unidades autopoieticas podem ter suas ontogenias acopladas quando suas interações adquirem caráter recorrente, logo, as interações possibilitadas pela interoperabilidade entre o sistema real e o virtual, causam mudanças estruturais mútuas resultando no denominado acoplamento estrutural.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDICs estão cada vez mais presentes no contexto educacional, estas trazem consigo inúmeros fatores que as tornam elementos fundamentais e facilitadores no processo de ensino e aprendizagem, incluí-las em estratégias metodológicas tornou-se fundamental.

Neste limiar, o aplicativo *e-Trilha* surge como produto educacional, desenvolvido para uso em dispositivos móveis, voltado para Ensino das Ciências Ambientais, tendo como principal característica, ser uma ferramenta colaborativa, que possibilita a virtualização da Trilha Educativa Demonstrativa, podendo futuramente ser replicado e/ou adaptado a outras trilhas.

Os fundamentos teóricos que nortearam a construção do produto educacional foram essenciais, pois, auxiliaram na compreensão de como se dá a construção do conhecimento, e quão importante se faz considerar fatores relevantes como a subjetividade humana e a complexidade da relação entre o indivíduo e o sistema ambiental. Visando elucidar estes questionamentos, realizou-se um levantamento de informações referentes à percepção ambiental dos interagentes, buscando caracterizar a partir destas percepções, como se estabelece um diálogo interdisciplinar dentro de um sistema ambiental complexo, possibilitando assim, a criação de meios para permitir aos interagentes da aplicação, tornarem-se sujeitos ativos e colaboradores do sistema, ou seja, estabelecer a interoperabilidade entre o sistema real (Trilha Educativa Demonstrativa) e o sistema virtual (*e-Trilha*).

Diante da obtenção desta base conceitual sólida, o *e-Trilha* chegou à fase de análise e desenvolvimento, que foi realizada seguindo procedimentos da engenharia de software, sendo desta forma, documentado e analisado conceitualmente a partir de diagramas descritivos, que forneceram informações suficientes e necessárias para a implementação da aplicação. Esta por sua vez, foi desenvolvida, seguindo preceitos norteados por uma metodologia SCRUM que visa o desenvolvimento ágil de soluções baseado em ciclos recursivos de atividades.

Assim, se deu a construção do produto educacional desta dissertação o *e-Trilha*, que visa contribuir no âmbito do ensino das Ciências Ambientais estabelecendo-se como uma ferramenta de uso efetivo em atividades acadêmicas, tornando-se uma importante ferramenta de pesquisas ambiental e/ou difusão de informações referentes ao sistema ambiental.

REFERÊNCIAS

- ACKRILL, J. L. **Aristotle: Categories and De Interpretatione**. Oxford: Clarendon, 1963.
- BACICH, L.; NET, A. T.; TREVISANI F. M. **Ensino Híbrido – Personalização e Tecnologia na Educação**. Penso, 2015.
- BECK, K.; BEEDLE, M.; VAN BENNEKUM, A.; COCKBURN, A.; CUNNINGHAM, W.; FOWLER, M.; GRENNING, J.; HIGHSMITH, J.; HUNT, A.; JEFFRIES, R. **Manifesto for agile software development**. 2001.
- BRAUNER, D. F.; CASANOVA, M. A.; LUCENA, C. J. P. DE. **Geo-Object Catalogs to Enable Geographic Databases Interoperability**. GeoInfo. Anais...Citeseer, 2004
- CORRÊA, E. C. D. Usuário, não! Interagente. Proposta de um novo termo para um novo tempo. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 19, n. 41, p. 23, 5 dez. 2014.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. [s.l.] Editora Paz e Terra, 2014.
- LÉVI, P. **Cibercultura**. Editora 34, São Paulo, 2000.
- LIMA, S. T. Trilhas interpretativas: a aventura de conhecer a paisagem. **Cadernos Paisagem**, v. 3, p. 39–44, 1998.
- MAGRO, T. C.; FREIXÊDAS, V. M. **Trilhas: como Facilitar a Seleção de Pontos Interpretativos**. p. 7, [s.d.].
- MAIA, Marta de Campos. **O uso da tecnologia da informação para educação a distância no ensino superior. Tese de Doutorado apresentada ao curso de Pós-Graduação**. Fundação Getúlio Vargas - Escola de Administração de Empresas de São Paulo. São Paulo: FGV-EAESP, 2003.
- MARTINS, J. F. M. **Interoperabilidade em sistemas de informação geográfica: Recurso à norma openGIS**. 1999.
- MATURANA, H. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano**. [s.l.] Editorial Psy, 1995.
- MORIN; Edgar. **Os Sete Saberes necessários à Educação do Futuro**. 8ª Edição - UNESCO. Cortez Editora, edição Brasileira, São Paulo, 2000.
- PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. 6 ed. São Paulo: Makron Books, 2009.
- REITZ, J. M. **Online Dictionary for Library and Information Science**. [s.l.] Libraries Unlimited, 2004.

SCHWABER, K. SCRUM Development Process. *In: Business Object Design and Implementation*. [s.l.] Springer, 1997. p. 117–134.

SCOLES, Ricardo; GRIBEL, Rogério e KLEIN, Gilmar Nicolau. **Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diferentes condições ambientais na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará.** *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Nat.* [online]. 2011, vol.6, n.3 [citado 2018-09-15], pp.273-293. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-81142011000300004&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 1981-8114.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. [s.l.] PEARSON BRASIL, 2011.

TABATINGA. Secretaria de Infraestrutura e Planejamento, Coordenadoria de Assuntos Fundiários. Lei Municipal nº 509/2008, de 03 de junho de 2008. Tabatinga, AM: SEPLAN, 2008.

TABATINGA. Secretaria de Infraestrutura e Planejamento, Coordenadoria de Assuntos Fundiários. Lei Municipal nº 564/10, de 05 de agosto de 2010. Tabatinga, AM: SEPLAN, 2010.