UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
ESCOLA DE INFORMÁTICA APLICADA

UM MODELO PARA DEFINIÇÃO DE TRILHAS DE APRENDIZAGEM APLICADO AO ENSINO EM COMPUTAÇÃO

João Pedro Porto Campos

Orientador
Prof. Paulo Sérgio Medeiros dos Santos
Coorientador
Prof. Jobson Luiz Massollar da Silva

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
FEVEREIRO DE 2023

Catalogação informatizada pelo(a) autor(a)

Porto Campos, João Pedro
PC198 DEFINIÇÃO DE UM MODELO DE TRILHAS DE APRENDIZAGEM PARA A PLATAFORMA LEARNINGCURVE / João Pedro Porto Campos. -- Rio de Janeiro, 2023.
54p

Orientador: Paulo Sérgio Medeiros dos Santos. Coorientador: Jobson Luiz Massollar da Silva. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Graduação em Sistemas de Informação, 2023.

1. Trilhas de Aprendizagem. 2. Documentação do Desenvolvedor. 3. Plataformas Digitais. I. Medeiros dos Santos, Paulo Sérgio, orient. II. Massollar da Silva, Jobson Luiz, coorient. III. Título.

UM MODELO PARA DEFINIÇÃO DE TRILHAS DE APRENDIZAGEM APLICADO AO ENSINO EM COMPUTAÇÃO

João Pedro Porto Campos

Projeto de Graduação apresentado à Escola de Informática Aplicada da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovado por:

_____

Prof. Paulo Sérgio Medeiros dos Santos (UNIRIO)

_____

Prof. Jobson Luiz Massollar da Silva (UNIRIO)

_____

Profª. Talita Vieira Ribeiro (IBMEC)

_____

Profª Laura de Oliveira Fernandes Moraes (UNIRIO)

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL.
FEVEREIRO DE 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Carlos e Tatiana, que sempre me apoiaram em tudo o que escolhi fazer e sempre respeitaram essas escolhas, assim como me guiaram dentro delas para que eu tivesse a melhor vida possível.

Agradeço aos meus irmãos, Fred e Mig, que sempre me divertiram e me ajudaram, mesmo que sem querer ou saber, a me distrair das frustrações e problemas da vida.

Agradeço à minha namorada, Manu, que sempre me encorajou a dar o meu melhor em tudo, sem você essa etapa final da graduação teria sido infinitamente mais estressante. É impossível retribuir todo o bem que você me faz, mas prometo tentar a todo momento. Te amo.

Agradeço aos meus amigos da faculdade, que sempre fizeram das aulas e atividades momentos mais leves e descontraídos, impedindo que eu cometesse o erro de trocar de curso no meu segundo semestre.

Agradeço aos meus amigos de fora da faculdade, que me proporcionaram sempre momentos de diversão quando nos encontramos, contribuindo ainda mais com o meu bem estar durante a graduação.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Paulo Sérgio Medeiros dos Santos e Prof. Jobson Luiz Massollar da Silva, que desde a época da Iniciação Científica me ajudaram a me encontrar em engenharia de software dentro deste amplo universo que é BSI.

Agradeço aos professores e funcionários do DIA por ajudarem a mim e aos outros alunos do curso a percorrer essa importante trajetória que é a graduação.

Agradeço, por fim, às figuras de inspiração que tive durante toda a minha vida antes e durante a faculdade, dentre eles, professores escolares e familiares de sangue e de coração por me inspirarem a me tornar quem sou hoje.

RESUMO

O aprendizado digital é definido pelo apoio tecnológico para o ensino através de plataformas e ferramentas computacionais visando facilitar ou servir como meio para a aprendizagem. Dentre os elementos utilizados no aprendizado digital, pode-se citar as trilhas de aprendizagem que são elementos organizadores de unidades de aprendizagem com diferentes esquemas de navegação que possuem o intuito de indicar um caminho para o aprendizado de determinado assunto. Este trabalho tem como objetivo definir um modelo para trilhas de aprendizagem. O modelo foi pensado e construído no contexto do projeto LearningCurve, que propõe utilizar a documentação do desenvolvedor para o ensino em Computação. A documentação do desenvolvedor é um artefato tipicamente disponibilizado em meio digital e é utilizado por virtualmente todos os desenvolvedores de software na aprendizagem e uso de tecnologias de desenvolvimento de software. Neste sentido, o modelo de trilha proposto visa organizar este conhecimento e disponibilizá-los para aprendizagem. Para a definição do modelo, foi realizada uma pesquisa na literatura técnica sobre trilhas de aprendizagem a fim de extrair os principais elementos abordados e juntá-los no modelo proposto. A avaliação deste modelo se deu através de uma prova de conceito onde foi elaborada uma trilha de aprendizagem usando o modelo proposto a partir de uma trilha de aprendizagem real. O resultado dessa avaliação mostrou que o modelo proposto foi capaz de representar a trilha real.

Palavras-chave: Trilhas de aprendizagem, Documentação do desenvolvedor, Plataformas digitais.

ABSTRACT

E-Learning is defined by technological support for teaching through digital platforms and computational tools to facilitate learning. Among the elements used in e-Learning, we can mention the learning paths that are organizing elements of learning units with different navigation schemes that have the intention of indicating a path for learning a certain subject. This work aims to define a model for learning paths. The model was thought and built in the context of the LearningCurve project, which proposes to use the developer's documentation for teaching in Computing. Developer's documentation is an artifact typically made available digitally and is used by virtually all software developers in learning and using software development technologies. In this sense, the proposed trail model aims to organize this knowledge and make it available for learning. For the definition of the model, research was carried out in the technical literature on learning paths in order to extract the main elements addressed and join them in the proposed model. The evaluation of this model took place through a proof of concept where a learning path was elaborated using the proposed model from a real learning path. The result of this evaluation showed that the proposed model was able to represent the real learning path.

Keywords: Learning paths, developer documentation, digital platforms.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo conceitual de trilha de aprendizagem 17
Figura 2 - Exemplo genérico da estruturação de uma trilha em assuntos e conteúdos .. 20
Figura 3 - Exemplo de trilha de aprendizagem mais complexa 21
Figura 4 - O modelo de trilha de aprendizagem 24
Figura 5 - Fluxo obrigatório + opcional 29
Figura 6 - Fluxo obrigatório + opcional + recomendado 30
Figura 7 - Fluxo concorrente 30
Figura 8 - Fluxo de seleção múltipla sem fluxo principal 31
Figura 9 - Fluxo de seleção múltipla com fluxo preferencial 32
Figura 10 - Fluxo de seleção exclusiva sem fluxo preferencial 33
Figura 11 - Fluxo de seleção exclusiva com fluxo preferencial 33
Figura 12 - Fluxo subordinado obrigatório 34
Figura 13 - Fluxo subordinado concorrente sem sucessor 35
Figura 14 - Fluxo subordinado concorrente com sucessor 36
Figura 15 - Fluxo subordinado opcional 36
Figura 16 - Fluxo subordinado de seleção múltipla 37
Figura 17 - Fluxo subordinado de seleção exclusiva 37
Figura 18 - Trecho da trilha de desenvolvimento frontend do site roadmap.sh 40
Figura 19 - Informações exibidas ao selecionar o nó "Internet" na trilha de exemplo ... 41
Figura 20 - Legenda da navegação da trilha de exemplo 41
Figura 21 - Legenda do desenho da trilha de exemplo 42
Figura 22 - Primeira parte do desenho da trilha de exemplo 43
Figura 23 - Segunda parte do desenho da trilha de exemplo 44
Figura 24 - Terceira parte do desenho da trilha de exemplo 45
Figura 25 - Desenho de um trecho separado da trilha de exemplo 46
Figura 26 - Diagrama de Objetos da Figura 22 47
Figura 27 - Diagrama de Objetos da Figura 23 48
Figura 28 - Diagrama de objetos da Figura 24 49
Figura 29 - Diagrama de objetos da Figura 25 50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre os elementos identificados para este trabalho e os elementos identificados por Janssen et al. (2011)..... 22
Tabela 2 - Possíveis combinações das regras de navegação definidas no modelo..... 27

ÍNDICE

1 Introdução 10

1.1 MOTIVAÇÃO 10

1.2 OBJETIVOS 11

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO 11

2 Fundamentação Teórica 13

2.1 O QUE É UMA TRILHA DE APRENDIZAGEM? 13

2.2 DOCUMENTAÇÃO DO DESENVOLVEDOR 16

2.3 TRABALHOS RELACIONADOS 17

3 Criação do Modelo de Trilhas de Aprendizagem 19

3.1 PRINCIPAIS ELEMENTOS DO MODELO DE TRILHAS DE APRENDIZAGEM 19

3.2 PROPOSTA DO MODELO DE APRENDIZAGEM 22

3.3 EXEMPLOS DE USO DO MODELO DE TRILHA DE APRENDIZAGEM 28

4 Avaliando o Modelo de Trilhas de Aprendizagem 39

4.1 A TRILHA DE APRENDIZAGEM 39

4.2 PROVA DE CONCEITO 46

4.3 CONCLUSÕES DA PROVA DE CONCEITO 50

5 Conclusão 51

1 Introdução

1.1 MOTIVAÇÃO

De acordo com Yang (2013), “e-Learning”, ou aprendizado digital, pode trazer diversas formas de apoio tecnológico para o ensino, tanto para o professor quanto para o aluno. Esse apoio tecnológico inclui, principalmente, o desenvolvimento de conteúdos de aprendizagem que abordam o ensino, a criação de ambientes de aprendizagem para engajar a aprendizagem, projetar plataformas e ferramentas para facilitar a aprendizagem, organizar e padronizar recursos de aprendizagem para fazer com que tais recursos sejam reutilizáveis e mais formais. A construção de trilhas de aprendizagem, um tópico crítico na criação de plataformas e ferramentas de aprendizagem, se resume em organizar um conjunto de recursos de aprendizagem em uma certa sequência que surge através do planejamento de como o aprendizado do estudante irá ocorrer. (YANG, 2013)

Trazendo esse pensamento para a Computação, surge a pergunta: como podemos organizar os recursos de aprendizagem em Computação para o aprendizado digital e quais recursos são esses? Normalmente os desenvolvedores de software dependem de bibliotecas ou frameworks para realizar o seu trabalho. Porém, para poder utilizar um desses componentes, o desenvolvedor precisa aprender diversos tópicos (e.g., os conceitos por trás dos frameworks). Para ajudar nesse aprendizado são elaboradas e publicadas as chamadas documentações do desenvolvedor, um artefato fartamente disponível nos dias atuais (DAGENAIS; ROBILLARD, 2010). Essas documentações, além de ajudarem no aprendizado de novas tecnologias, possuem o potencial de serem utilizadas como objeto de aprendizagem ao abordarem os conceitos utilizados nessas tecnologias. Apesar disso, existem dificuldades quanto ao uso das documentações do desenvolvedor para o aprendizado de frameworks ou bibliotecas e os conceitos por trás destes, uma delas sendo a falta de padronização na criação de documentações, fazendo com que desenvolvedores acabem por abandonar o uso de certas ferramentas devido a

uma documentação mal feita (MENG; STEINHARDT; SCHUBERT, 2020). As bibliotecas e ferramentas abordadas nas documentações do desenvolvedor costumam ser utilizadas por meio de APIs (*Application Programming Interface* ou Interface de Programação de Aplicação), por isso, neste trabalho, esses elementos serão referidos como APIs.

O uso de elementos de aprendizado digital em plataformas digitais vem se mostrando cada vez mais presente, como por exemplo a plataforma LearningCurve (CAMPOS et al., 2022), que junta os conceitos de documentação do desenvolvedor com o de trilha de aprendizagem ao padronizar tanto as documentações do desenvolvedor quanto o seu uso e ao disponibilizar tais documentações para a criação de trilhas de aprendizagem. Porém, a definição de trilhas de aprendizagem ainda não foi definida para a LearningCurve. Logo, para este trabalho, foi preciso, examinar o conceito de trilhas de aprendizagem, que, de acordo com Lopes e Lima (2019), podem ser entendidas como um conjunto sistemático e multimodal de unidades de aprendizagem com diferentes esquemas de navegação que podem ser personalizados de acordo com diversos fatores (e.g., perfil do aluno).

1.2 OBJETIVOS

A proposta deste trabalho é definir os elementos necessários para estruturar uma trilha de aprendizagem para o aprendizado em computação e, a partir desta estrutura, elaborar um modelo com o propósito de padronizar as trilhas de aprendizagem para sua utilização na LearningCurve.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O presente trabalho está estruturado em capítulos e, além desta introdução, será desenvolvido da seguinte forma:

- Capítulo II: Fundamentação Teórica – Apresenta os trabalhos prévios utilizados como base para a criação do modelo de aprendizagem.
- Capítulo III: Criação do Modelo – Detalha o processo de criação do modelo.
- Capítulo IV: Avaliação do Modelo – Apresentação de uma prova de conceito do modelo apresentado.

- Capítulo V: Conclusões – Reúne as considerações finais, assinala as contribuições da pesquisa e sugere possibilidades de aprofundamento posterior.

2 Fundamentação Teórica

Para este trabalho, os principais focos de pesquisa foram as trilhas de aprendizagem e as documentações do desenvolvedor. Para o primeiro tema, foi utilizado como bibliografia principal o artigo de Lopes e Lima (2019). Nele são explorados diferentes pontos de vista em relação às trilhas de aprendizagem e também é feita uma relação entre esses pontos, que serviu como base para a criação do modelo.

Para o tema de documentações do desenvolvedor foi utilizado o artigo de Cummaudo et al. (2019). Nele é apresentada uma taxonomia para a criação de documentações que será usada como base para a definição de documentação do desenvolvedor.

2.1 O QUE É UMA TRILHA DE APRENDIZAGEM?

De acordo com Lopes e Lima (2019), a definição da palavra trilha pode ser entendida no sentido literal como “ato ou efeito de trilhar”, ou “vestígio que uma pessoa ou animal deixa no lugar por onde passa”. No sentido figurado, define-se esse termo ainda como um “caminho a seguir; exemplo a ser imitado; modelo”. Ao ser entendido como um caminho, atribui-se ao termo a ideia de trajeto, itinerário, rota ou mesmo a um conjunto de passos, procedimentos, prescrições. Essas analogias podem representar desde abstrações de trilhas mais restritivas, sem muitas opções de escolha, até modelos mais abertos e flexíveis.

O termo aprendizagem é uma derivação do verbo “aprender” que significa: “ficar sabendo, reter na memória, tomar conhecimento de”; “adquirir habilidade prática (em)”; “passar a compreender (algo) melhor graças a um depuramento da capacidade de apreciação, empatia, percepção etc.” (LOPES; LIMA, 2019). Logo, uma trilha de aprendizagem pode ser considerada como um caminho ou um modelo para aprender.

Partindo do princípio que uma trilha de aprendizagem é um conjunto de passos, procedimentos ou prescrições, existe o risco de engessar o processo de ensino-aprendizagem. Mesmo com a possibilidade de que existam algumas escolhas no decorrer da trilha, a predeterminação, apesar de apresentar vantagens, também pode causar

problemas. Assim, para se estabelecer trilhas de aprendizagem é preciso considerar como organizar e representar as unidades de aprendizagem que vão compor uma determinada trilha, quais serão os esquemas de navegação disponibilizados aos usuários, quais serão as restrições, os padrões adotados, entre outras questões.

Lopes e Lima (2019), ao abordarem do ponto de vista conceitual e recuperando os diferentes usos para o termo “trilhas” em vários trabalhos no contexto de uma revisão da literatura, observam que o termo é utilizado com diferentes ênfases pelos pesquisadores da área. Tomando como base estas diferenças, os autores classificaram os trabalhos identificados da seguinte maneira:

- Primeira categoria: a trilha caracteriza-se como um modelo a ser seguido, um exemplo.
- Segunda categoria: a trilha é conceituada como uma ação, ato ou efeito de se percorrer ou trilhar um caminho.
- Terceira categoria: a trilha equivale ou representa o registro de caminhos percorridos.

  Considerando as trilhas de aprendizagem como um modelo a ser seguido (primeira categoria de definição), diversos estudos comparam-nas a um mapa conceitual que direciona o processo de aprendizagem sobre um determinado assunto (LOPES; LIMA, 2019). A diferença entre um mapa convencional, que explica os temas, e um itinerário formativo é que este foca em como o aprendiz vai aprender o tema, configurando, assim, uma forma de organização da sequência de aprendizagem. Cada trilha de aprendizagem deve prever as competências necessárias para aprendizagem de um determinado tema.

Esse contexto em que as trilhas representam a organização da sequência necessária para se aprender um tema estudado pode ser classificado na primeira categoria, considerando o ponto de vista de uma possível predeterminação de um percurso a ser seguido pelo aluno, mas também pode ser classificado na segunda categoria, que envolve as definições relacionadas à trilha enquanto ato ou efeito de trilhar um percurso. A diferença é que na segunda categoria estariam classificadas as definições cujos percursos são passíveis de escolhas por parte dos alunos, já que esta categoria foca nas ações realizadas durante o ato de trilhar. Assim, por essa perspectiva, as trilhas de aprendizagem podem ser definidas como percursos selecionados pelo aprendiz que possibilitam a ele se

apropriar do conhecimento de forma gradual. Nessa segunda categoria, as definições compartilham de uma mesma característica que é a flexibilidade para o aluno tomar decisões em relação a qual trilha de aprendizagem seguir.

Por fim, na terceira categoria, identifica-se que as trilhas de aprendizagem são conceituadas como caminhos percorridos pelo aluno que podem ser representadas de diversas maneiras, sendo a principal representação na forma de grafos. Esta categoria tem como foco o registro de caminhos, fazendo com que representações de possíveis caminhos, como os grafos, sejam de suma importância para a elaboração de trilhas de acordo com a terceira categoria.

Tendo em vista as definições identificadas, Lopes e Lima (2019) propõem como conceito de trilhas de aprendizagem um conjunto sistemático e multimodal de unidades de aprendizagem, contendo diferentes esquemas de navegação, que podem ir desde modelos lineares, prescritivos, passando por modelos hierárquicos, em que são permitidas escolhas, e chegando a modelos em rede, cuja navegação é mais livre e tem como propósito o desenvolvimento de competências. Esses esquemas de navegação podem ser personalizados, com base em variáveis como objetivos, perfil do aluno e características de aprendizagem.

De forma análoga, a definição de trilhas de aprendizagem de Yang et al. (2014) reforça a proposta por Lopes e Lima. Essa definição traz as trilhas de aprendizagem como objetos que definem como o curso de um estudo prossegue, compreendendo passos para um estudante percorrer a fim de aprender o conteúdo do estudo. A cada passo o aluno realiza ações de aprendizagem com o objetivo de aprender certos conteúdos que foram pré-definidos através de uma pedagogia adequada para o assunto abordado. Estas ações podem ser definidas como atos realizados pelo aluno que fazem com que ele aprenda o conteúdo abordado (e.g., ler um artigo, assistir a um vídeo aula, realizar uma série de exercícios).

De acordo com os autores, avaliações também devem ser incluídas nas trilhas para avaliar o progresso do aprendizado dos estudantes. Na prática, deve-se esperar que um estudante alcance certos níveis de conhecimento, a depender da profundidade no assunto da trilha.

Já Janssen et al. (2011) afirmam que uma trilha de aprendizagem pode ser definida como um conjunto de uma ou mais ações de aprendizagem que ajudam um estudante a

alcançar certas metas de aprendizagem. Porém, estas metas não definem se uma trilha contempla os objetivos de um aluno, pois isso depende de uma mistura de variáveis, como as próprias metas de aprendizagem, modo de entrega, planejamento, custos, dentre outras. Para os autores, o padrão básico de uma trilha de aprendizagem é que esta possui um começo e um fim, além da descrição dos passos que devem ser dados, ou seja, quais ações de aprendizagem devem ser feitas em cada passo, para se chegar ao fim.

2.2 DOCUMENTAÇÃO DO DESENVOLVEDOR

Ao longo dos anos, com a expansão da indústria de software, foram desenvolvidas inúmeras APIs (*Application Programming Interface* ou Interface de Programação de Aplicação) que são usadas por desenvolvedores no seu dia a dia. Essas APIs permitem aos desenvolvedores criarem softwares mais sofisticados de forma mais rápida e são consideradas como o fator mais importante para a escolha de uma linguagem de programação (THAYER; CHASINS; KO, 2021). Porém, de acordo com os autores, quando desenvolvedores decidem aprender e usar uma API é comum eles encontrarem uma lacuna entre o que querem fazer e quais recursos estão disponíveis. Por exemplo: a documentação oficial várias vezes encontra-se incompleta, inadequada ou difícil de navegar, exemplos relevantes são difíceis de serem encontrados e adaptados, dentre outros.

Cummado et al. (2019) afirmam que boas documentações facilitam o processo de desenvolvimento, melhorando sua produtividade e qualidade, porém, também apontam que existem poucos estudos quanto aos elementos necessários para a criação de boas documentações do desenvolvedor. Com isso, os autores identificaram a necessidade de realizar um mapeamento sistemático da literatura e, com base nele, desenvolveram uma taxonomia para a elaboração de documentações do desenvolvedor com qualidade. Essa taxonomia indica 5 aspectos principais para uma documentação de qualidade, sendo estes (i) a descrição de uso da API, (ii) a lógica de design (em que contextos o uso da API é ou não adequado) (iii) os conceitos de domínio (o que é necessário saber para poder utilizar a API) (iv) artefatos de suporte para o uso da API, e; (v) a apresentação da documentação.

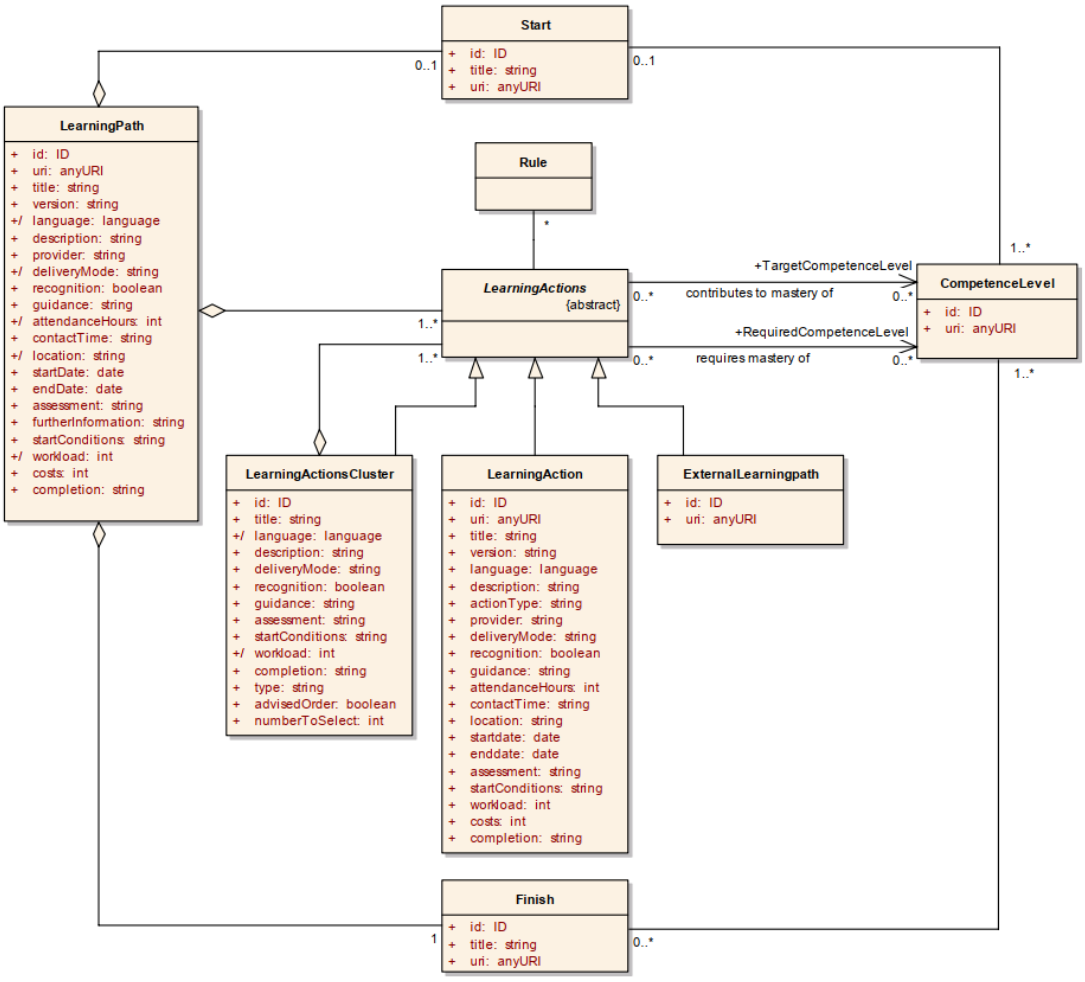
Além disso, Thayer et al. (2021) definem como três principais componentes para entender e utilizar uma API (i) os conceitos de domínio, ou seja, os conceitos de computação por trás da API, (ii) os padrões de uso da API, ou seja, como coordenar o uso

da API e suas *features* dentro de um projeto e (iii) os fatos de execução da API, ou seja, como prever resultados e efeitos colaterais ao executar a API.

2.3 TRABALHOS RELACIONADOS

Outros autores também buscaram criar seus próprios modelos de trilhas de aprendizagem. Janssen et al. (2011) trazem em seu trabalho um modelo conceitual que representa uma trilha de aprendizagem como um conjunto de uma ou mais ações de aprendizagem, incluindo a forma como estas se relacionam, além de trabalharem com conceitos como Níveis de Competência. A Figura 1 apresenta o modelo proposto pelos autores. Este modelo traz uma visão conceitual de trilha de aprendizagem, sem considerar aplicações do modelo para a elaboração de trilhas.

Figura 1 – Modelo conceitual de trilha de aprendizagem



Fonte: Janssen et al. (2011)

Outro exemplo é o estudo realizado por Benedito (2015) que traz como tema central a investigação das possibilidades e limitações para a elaboração de trilhas de aprendizagem com base em processos para uma empresa. Este estudo traz uma visão mais específica da aplicação de trilhas de aprendizagem, fazendo com que não seja possível 18plica-la em contextos diferentes do apresentado.

Esses e outros trabalhos relacionados com trilhas de aprendizagem acabam trazendo um foco muito grande para um tema ou assunto específico ou se mantém em um nível muito abrangente.

Um exemplo de abordagem específica é o de Benedito (2015), que traz uma proposta de trilha de aprendizagem especificamente para os processos de uma empresa, fazendo com que essa trilha só possa ser usada na empresa abordada. Já um exemplo de abordagem abrangente é o caso de Janssen et al. (2011), que traz um modelo que abrange trilhas de aprendizagem como um todo, deixando de lado detalhes importantes para a aplicação do modelo sem especificação adicional. Devido a isso, para este trabalho o foco será um meio termo entre o específico e o abrangente.

O modelo a ser apresentado será abrangente o suficiente para poder ser utilizado de formas diferentes em assuntos variados sem necessidade de maior adaptação do modelo, porém específico para a criação de trilhas para a LearningCurve, removendo a necessidade de especificações extras do modelo.

3 Criação do Modelo de Trilhas de Aprendizagem

Neste capítulo será apresentado o modelo de trilha de aprendizagem proposto neste trabalho. Para a criação do modelo foram consideradas as três categorias de trilhas de aprendizagem apresentadas por Lopes e Lima (2019) aplicadas para um contexto de computação, assim como os demais conceitos sobre trilhas de aprendizagem estudados.

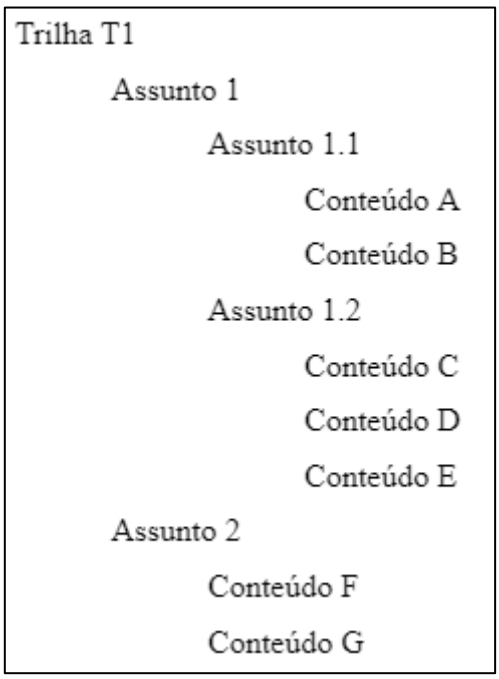
3.1 PRINCIPAIS ELEMENTOS DO MODELO DE TRILHAS DE APRENDIZAGEM

De acordo com o modelo conceitual de Janssen et al. (2011), uma trilha de aprendizagem é composta por começo, fim, ações de aprendizagem e suas regras, ou seja, o que deve ser feito para que uma ação de aprendizagem seja considerada completa. Ações de aprendizagem podem ser interpretadas como atos realizados pelo aluno que geram algum tipo de resultado (e.g. ler um artigo), fazendo com que o estudante, a cada ação tomada, se aproxime do objetivo principal da trilha: aprender.

Já a definição de Lopes e Lima (2019) diz que as trilhas de aprendizagem podem conter diferentes esquemas de navegação, que podem ir desde modelos lineares, prescritivos, passando por modelos mais hierárquicos, em que são permitidas escolhas, e chegando a modelos em rede, cuja navegação é mais livre e tem como propósito o desenvolvimento de competências.

Com isso, os elementos identificados como principais para a criação do modelo de aprendizagem foram: a própria Trilha, já que uma trilha pode ser referenciada por outra, seus Pré-Requisitos, uma hierarquia de Assuntos tratados na trilha e os Conteúdos tratados nos assuntos, que são os passos básicos da trilha. A Figura 2 apresenta um exemplo simplificado (e linear) da estruturação de uma trilha em assuntos e conteúdos.

Figura 2 - Exemplo genérico da estruturação de uma trilha em assuntos e conteúdos



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 2, a trilha T1 representa o elemento Trilha, já que ela é composta pelos outros elementos, ou seja, possui um caráter estruturante. Os Pré-Requisitos da Trilha T1 não foram representados no exemplo, pois a definição destes depende dos assuntos e conteúdos tratados pela trilha. Por exemplo: uma Trilha T2 que aborda assuntos sobre como escrever um artigo científico em determinado idioma teria como Pré-Requisito o aluno completar uma trilha relacionada ao aprendizado desse idioma.

Os Assuntos representam os temas tratados em uma trilha e possuem um caráter estruturante, ou seja, visam organizar os assuntos trabalhados na trilha. Um assunto pode representar tanto um tema mais abrangente quanto um conceito mais específico a ser trabalhado dentro do tema principal da trilha. Por causa de seu caráter estruturante, este elemento tende a ser um agrupador de elementos correlatos.

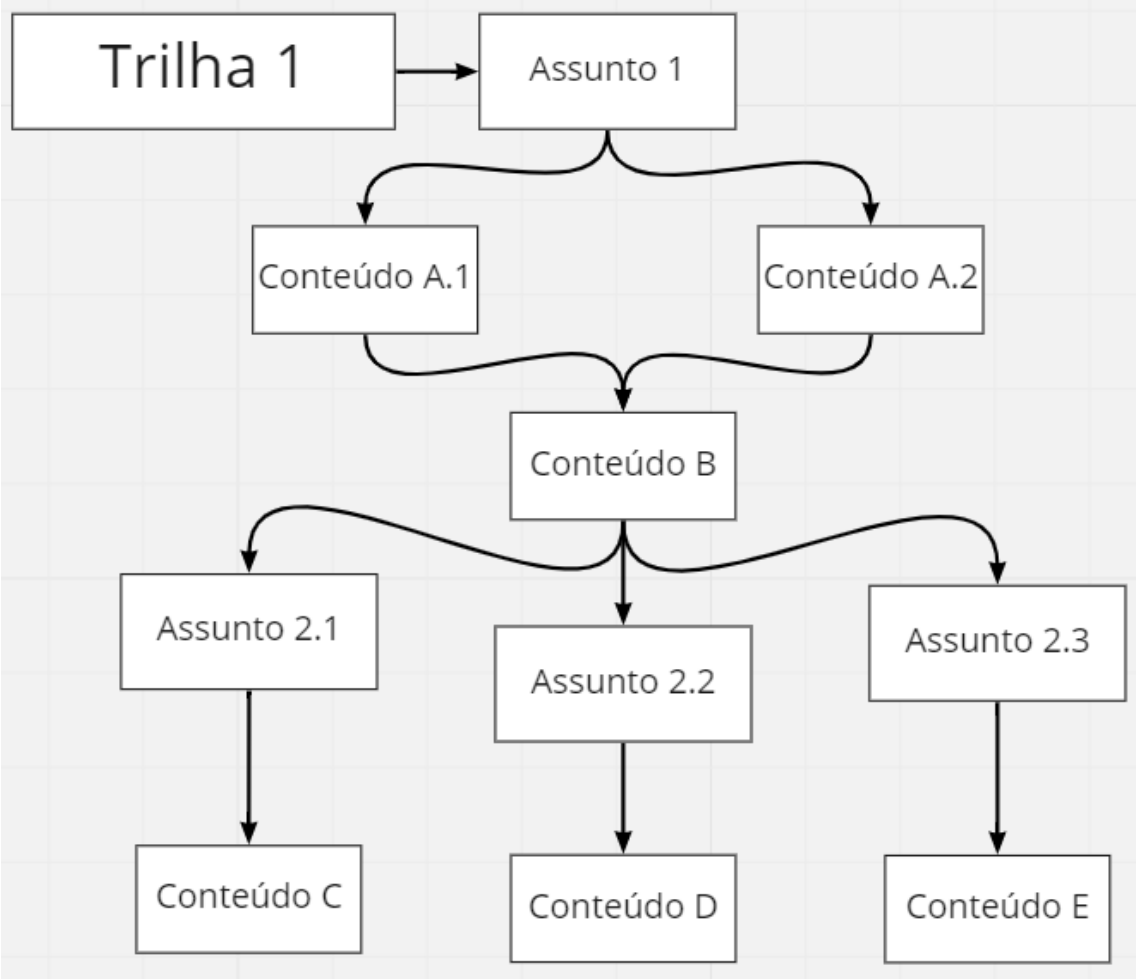
Os Conteúdos representam as ações de aprendizagem a serem tomadas pelos estudantes durante o percorrer da trilha, assim como as regras para completar tais ações de aprendizagem. Este elemento é o mais específico de uma trilha.

A partir deste primeiro entendimento, exemplos reais de trilhas de aprendizagem foram explorados (e.g. currículos de cursos online e presenciais[1]) e foi identificado que uma relação linear entre os elementos não seria o suficiente para representar trilhas com

[1] URL de algumas trilhas de aprendizagem estudadas: Site Hyperskill (https://hyperskill.org/knowledge-map), Disciplinas do Bacharelado em Sistemas de Informação da Unirio (https://bsi.uniriotec.br/disciplinas/)

regras mais complexas, como por exemplo, Trilhas que tratam de dois ou mais Assuntos em paralelo, permitindo escolhas, ou com modelos em rede. A Figura 3 apresenta um exemplo simplificado de uma trilha mais complexa.

Figura 3 - Exemplo de trilha de aprendizagem mais complexa



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 3, a trilha, os assuntos e seus conteúdos possuem a mesma semântica descrita para a Figura 2, porém, nesta figura os conteúdos A1 e A2 são tratados em paralelo, assim como os assuntos 2.1, 2.2 e 2.3, ou seja, não possuem uma ordem definida para a completude da trilha 1, permitem escolha. Essa falta de linearidade pode trazer diferentes formas de percorrer uma trilha mais complexa, de acordo com as regras de navegação definidas para estas.

Logo, foi concluído que a relação entre Trilha, Assunto e Conteúdo seria mais bem representada por uma estrutura não linear. Assim, trilhas mais complexas passam a ser contempladas, enquanto trilhas simples e lineares, como a da Figura 2, continuam

sendo representadas. Porém, para melhor representar uma estrutura não linear, foi definida com mais detalhes a diferença entre os elementos, ou seja, como diferenciar um Conteúdo, que é o elemento mais específico, das Trilhas e Assuntos, que são elementos estruturantes. Com isso, surgiu o conceito de Passo, um elemento que representa a passagem de um elemento para outro, ou seja, funciona tanto como Trilha e Assunto quanto como Conteúdo. Junto com esse conceito, foram definidas algumas possíveis regras de navegação das trilhas. O conceito de Passo e as regras serão mais bem detalhadas na próxima sessão.

Após essas definições, foi pensado em como os diferentes elementos deveriam se conectar em uma trilha de aprendizagem, ou seja, como a ligação entre eles deveria ser feita e como representá-la. A conclusão foi a de que era necessário criar um elemento Caminho para representar essa ligação. É nele que as outras regras de navegação foram definidas. A Tabela 1 a seguir apresenta a relação entre os conceitos apresentados e os elementos identificados.

Tabela 1 - Relação entre os elementos identificados para este trabalho e os elementos identificados por Janssen et al. (2011)

Elementos identificados	**Elementos do modelo de Janssen**
Trilha	Começo e Fim
Pré-Requisitos	Regras
Assuntos	Começo e Fim
Conteúdos	Ações de Aprendizagem
Passo	Regras
Regras de navegação	Regras
Caminho	Ações de Aprendizagem

Fonte: elaborada pelo Autor

3.2 PROPOSTA DO MODELO DE APRENDIZAGEM

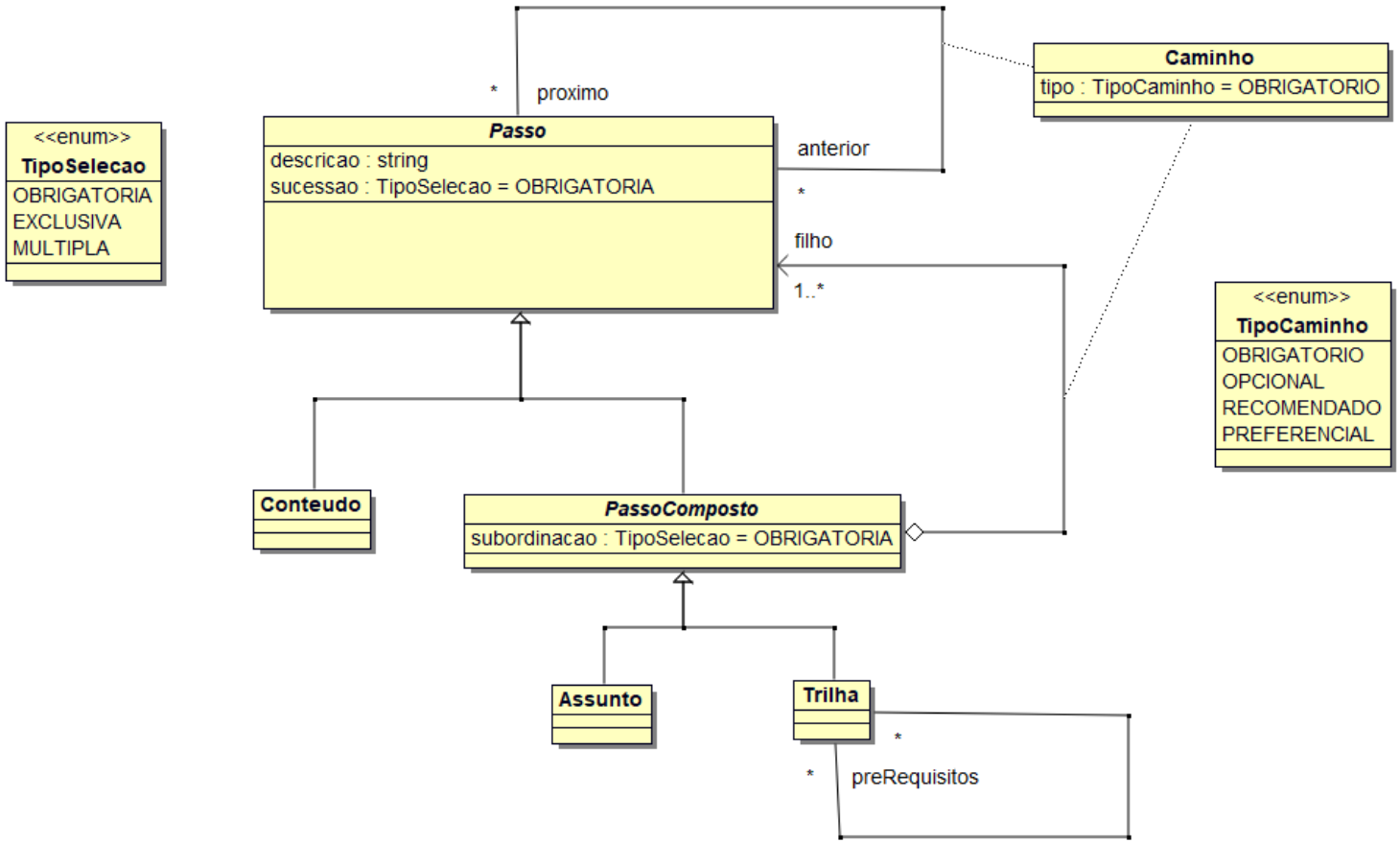
Após a definição dos principais elementos de uma trilha de aprendizagem, foi necessário pensar em como organizá-los em um modelo, no caso deste projeto, de classes. O modelo de classes foi escolhido com o intuito de criar uma representação que pudesse ser aplicada para diferentes trilhas de aprendizagem, independentemente de seu número de elementos e quais regras devem ser seguidas para sua completude.

Para isso, foi necessário detalhar as relações entre os elementos definidos na seção 3.1 e suas regras. Estudando os exemplos de trilhas reais agora focando nas relações entre os elementos e nas regras de navegação existentes, foi identificado que, para melhor representar uma estrutura não linear, a utilização de um padrão de projetos seria preferencial. Além disso, foram definidas regras de navegação para os Caminhos e as relações entre os Passos. Esses dois tipos de regras interferem um no outro e serão mais bem explicadas na sessão seguinte.

O padrão de projeto utilizado foi o Composite (GAMMA et al., 1995), utilizado para representar um objeto formado pela composição de objetos similares. Este conjunto de objetos pressupõe a mesma hierarquia de classes da qual ele pertence. Essa hierarquia permite que os elementos contidos em um objeto composto sejam tratados como objetos únicos. Para o caso deste projeto, o Composite foi utilizado para representar os elementos identificados para as trilhas de aprendizagem em uma estrutura de árvore, uma estrutura de dados não linear na qual os dados estão dispostos de forma hierárquica (EDELWEISS; GALANTE, 2009). Além disso, o Composite foi adaptado neste projeto para que o modelo pudesse representar trilhas nas quais a hierarquia não fosse tão aparente quanto no Composite padrão.

Ao final do processo de construção do diagrama de classes, o resultado foi o modelo apresentado na Figura 4.

Figura 4 - O modelo de trilha de aprendizagem



Fonte: elaborada pelo Autor

Como discutido anteriormente, em uma trilha de aprendizagem temos um passo que pode possuir um ou mais caminhos para outros passos, que representam Trilhas, Assuntos ou Conteúdos, sendo este a folha da árvore. Para representar isso no diagrama, foi criada a classe PassoComposto, que foi relacionada com a classe Passo a partir de um Composite, neste caso, com uma relação de que um Passo é filho de um PassoComposto. A adaptação do Composite mencionada anteriormente se dá no auto relacionamento de anterior e próximo da classe Passo, trazendo um novo tipo de hierarquia não definido no padrão de projetos.

Com isso, puderam ser feitas as relações entre as outras classes do diagrama. Começando a partir da classe PassoComposto, foram adicionadas como classes filhas desta as classes Assunto e Trilha, já que ambas agem como passos em uma trilha quanto aos diferentes caminhos desta. Além disso, foi adicionada uma auto relação de Trilha chamada preRequisitos, criada para representar os pré-requisitos de uma trilha, neste caso, no formato de outra trilha. A classe Conteudo se relaciona com Passo apenas, pois, apesar do PassoComposto herdar de um Passo, nem toda instância de PassoComposto possui conteúdo. Nessa relação, apenas um assunto possui conteúdo, ou seja, apenas um PassoComposto do tipo Assunto pode referenciar um Passo do tipo Conteudo. Além disso, foi criada a relação de anterior e próximo entre passos, sendo que um Passo está relacionado a nenhum ou vários Passos. Nesta relação foi adicionada a classe associativa Caminho.

A diferença entre as relações de anterior e próximo e a de composição entre Passo e PassoComposto é em relação a hierarquia de uma trilha. Um Passo é filho de um PassoComposto, indicando que, de um ponto de vista hierárquico, o objeto PassoComposto está acima do objeto Passo. Já a relação de anterior e próximo define a relação entre objetos dentro de um mesmo nível hierárquico. Ambas as relações indicam recursos de navegação de uma trilha de aprendizagem, com suas diferenças indicando se houve ou não um salto hierárquico na passagem de um objeto Passo para outro.

De um ponto de vista de implementação, poderia ser adicionada uma classe referência, para que fosse possível que mais de uma trilha referenciasse um mesmo Conteudo. Nesse caso, essa classe referência substituiria a atual classe Conteudo, se relacionando diretamente com Passo, e a classe Conteudo se relacionaria somente com a classe referência, fazendo com que, dentro da aplicação, um conteúdo só precisasse ser

instanciado uma vez para que duas ou mais trilhas o apresentem com estas instanciando a classe referência para o conteúdo desejado.

Além das classes e suas relações, foram definidos alguns atributos para as classes Passo, PassoComposto e Caminho e dois enumeradores com possíveis valores para os atributos. A classe Passo possui os atributos “descricao”, que recebe um valor em string e define a descrição de como concluir um passo, e “sucessao”, que recebe um valor “TipoSelecao”, um dos enumeradores definidos, e define como será realizada a seleção dos sucessores de um passo. O valor padrão de “sucessao” é “OBRIGATORIA” e representa uma sucessão que deve ser feita obrigatoriamente ao percorrer a trilha. Os outros valores são “EXCLUSIVA” e “MULTIPLA” que só são usados no caso de um Passo possuir mais de um sucessor e representam, respectivamente, uma escolha de sucessor na qual não será possível acessar outro sucessor além do escolhido e uma escolha de sucessor na qual é possível acessar outros sucessores além do escolhido.

A classe PassoComposto possui o atributo “subordinacao”, que também recebe um valor “TipoSelecao” e define como será realizada a seleção dos filhos de um passo composto. O valor padrão de “subodinacao” é “OBRIGATORIA” e representa um filho que deve ser obrigatoriamente acessado ao percorrer uma trilha. Os valores “EXCLUSIVA” e “MULTIPLA” que só são usados caso o passo composto possua mais de um filho e representam, respectivamente, uma escolha entre um dos filhos na qual não será possível acessar outra filho além do escolhido e uma escolha de filhos na qual é possível acessar outros filhos além do escolhido.

A classe Caminho possui o atributo “tipo”, que recebe um valor “TipoCaminho”, o segundo dos enumeradores definidos, e define como será percorrido o caminho de um Passo para o outro, independente da hierarquia entre estes. O valor padrão de tipo é “OBRIGATORIO” e representa um caminho que obrigatoriamente deve ser trilhado. Os outros valores são “OPCIONAL”, “RECOMENDADO” e “PREFERENCIAL” e representam, respectivamente, um caminho que pode ou não ser trilhado, um caminho que é opcional, mas recomendado pelo autor e um caminho que, dentre vários a serem escolhidos, é o preferido. A Tabela 2 indica as possíveis combinações das regras de navegação.

Tabela 2 – Possíveis combinações das regras de navegação definidas no modelo

TipoCaminho\TipoSelecao	OBRIGATORIA	EXCLUSIVA (apenas possível caso haja mais de um sucessor/filho)	MULTIPLA (apenas possível caso haja mais de um sucessor/filho)
OBRIGATORIO	Tanto o Caminho quanto o Passo devem ser completos	Dentre os sucessores/filhos, caso este caminho seja escolhido, ele deve ser trilhado e os outros serão bloqueados	Dentre os sucessores/filhos, caso este seja o caminho escolhido, ele deve ser trilhado e os outros ainda podem ser acessados
OPCIONAL	É opcional trilhar o caminho, mas caso seja, o Passo deve ser completo	Não existe	Não existe
RECOMENDADO	É opcional trilhar o caminho, mas é recomendado que o faça, caso seja, o Passo deve ser completo	Não existe	Não existe
PREFERENCIAL (apenas possível caso haja mais de um caminho a ser escolhido)	Não existe	Dentre os sucessores/filhos, este caminho é o preferencial e, caso escolhido, os outros serão bloqueados	Dentre os sucessores/filhos, este é o caminho preferencial e, caso seja escolhido, os outros ainda podem ser acessados

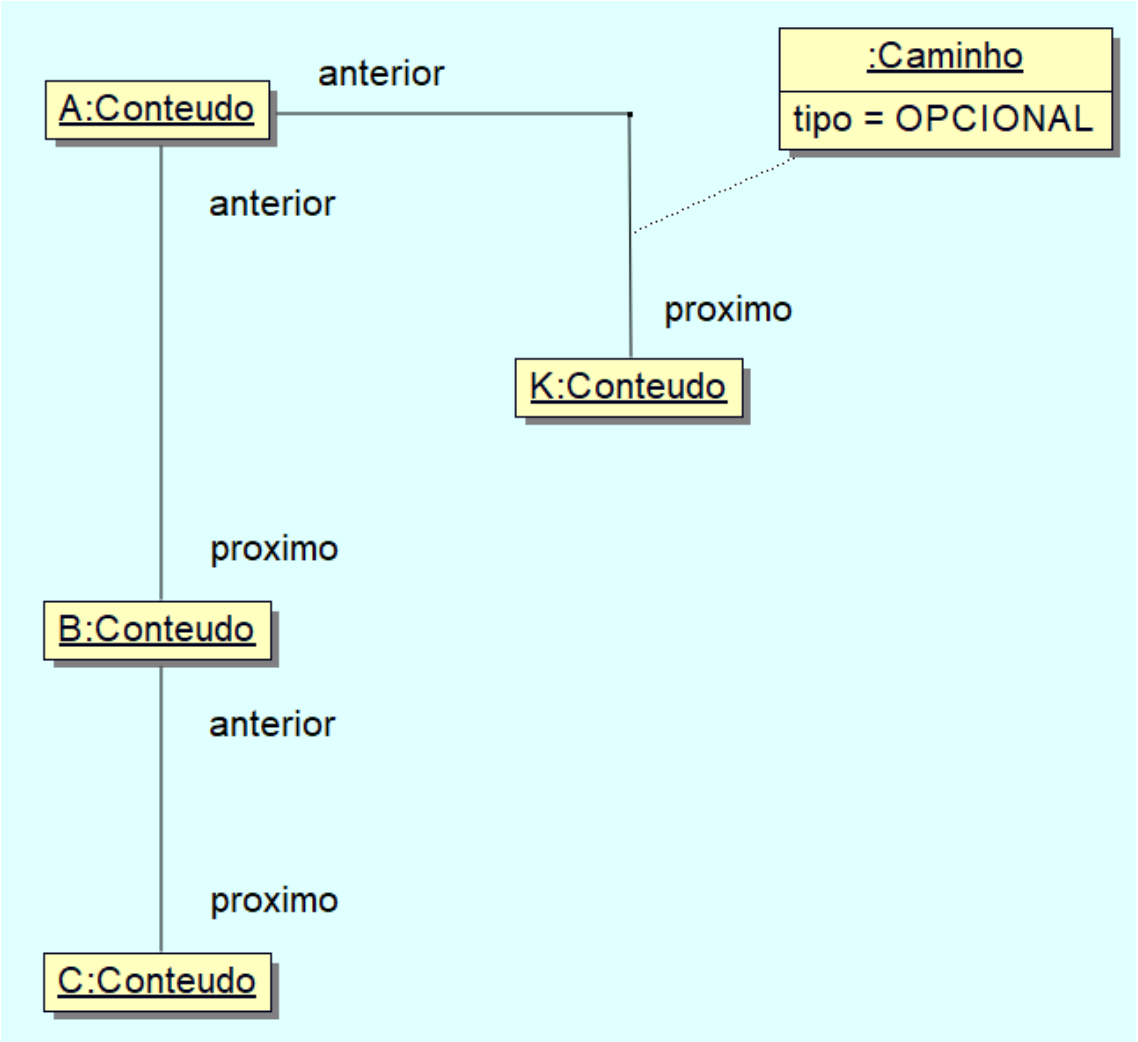
Fonte: elaborada pelo Autor

A forma como as regras definidas nos enumeradores são cumpridas depende da implementação destas. Por exemplo, a definição de um Caminho como “OPCIONAL”, no modelo, não indica se o caminho pode ser começado e interrompido ou se, ao ser escolhido, precisa ir até o fim, este é um detalhe de implementação. Outro detalhe é que, da forma como o modelo está definido, é possível gerar uma trilha com ciclos, ou seja, caminhos que começam em um nó e acabam nele. Conceitualmente, em uma trilha de aprendizagem, esses ciclos não devem existir pois se um nó já foi completado ele não deveria poder ser percorrido novamente. Porém, se por alguma questão de organização da plataforma um ciclo seja necessário, é possível implementá-lo através do modelo.

3.3 EXEMPLOS DE USO DO MODELO DE TRILHA DE APRENDIZAGEM

As Figuras 5 a 17 a seguir são diagramas de objetos associados ao modelo apresentado na seção anterior que ilustram alguns exemplos de utilização deste. Nos diagramas, o objeto Trilha, apesar de oculto, está implícito entre o conjunto de objetos exibidos. Esses exemplos foram feitos dessa forma para que fossem de melhor entendimento e pela redução da quantidade de elementos representados. Além disso, em alguns exemplos estão ocultos todos os Caminhos e nem todo Conteúdo está com os atributos explícitos, nesses casos, os objetos ocultos estão implicitamente instanciados com seus valores padrão e os atributos não exibidos também devem ser considerados em seus valores padrão.

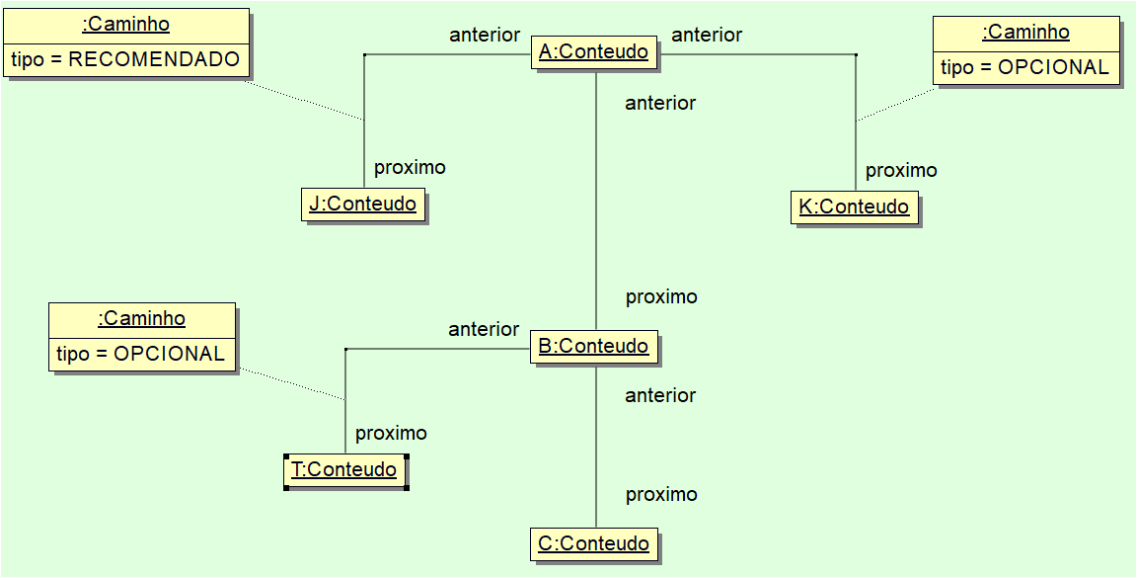
Figura 5 - Fluxo obrigatório + opcional



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 5, a Trilha é considerada completa quando os Conteúdos A, B e C forem completos. O Conteúdo K só está disponível depois de A, porém sua completude é opcional. Neste exemplo, os caminhos A-K e A-B são paralelos.

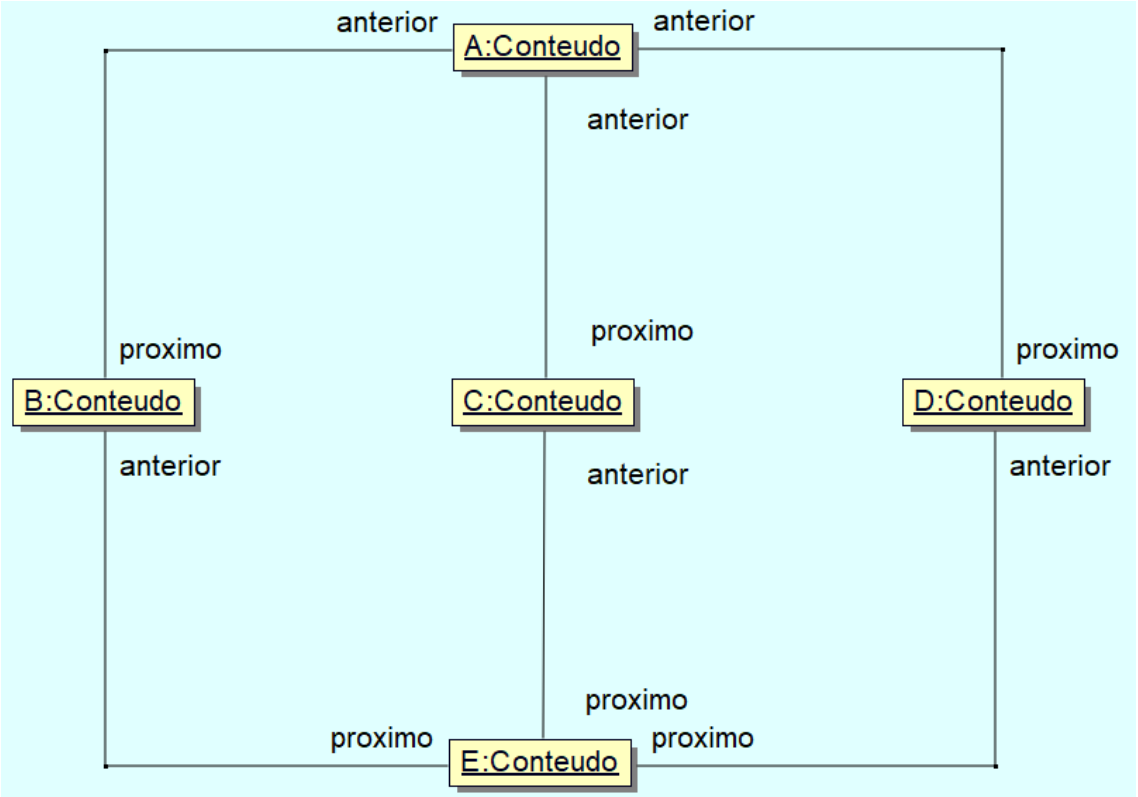
Figura 6 - Fluxo obrigatório + opcional + recomendado



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 6, a Trilha é considerada completa quando os Conteúdos A, B e C forem completos. Os Conteúdos J e K só estão disponíveis depois de A e T somente após B. J, K e T possuem completude opcional, porém J é recomendado.

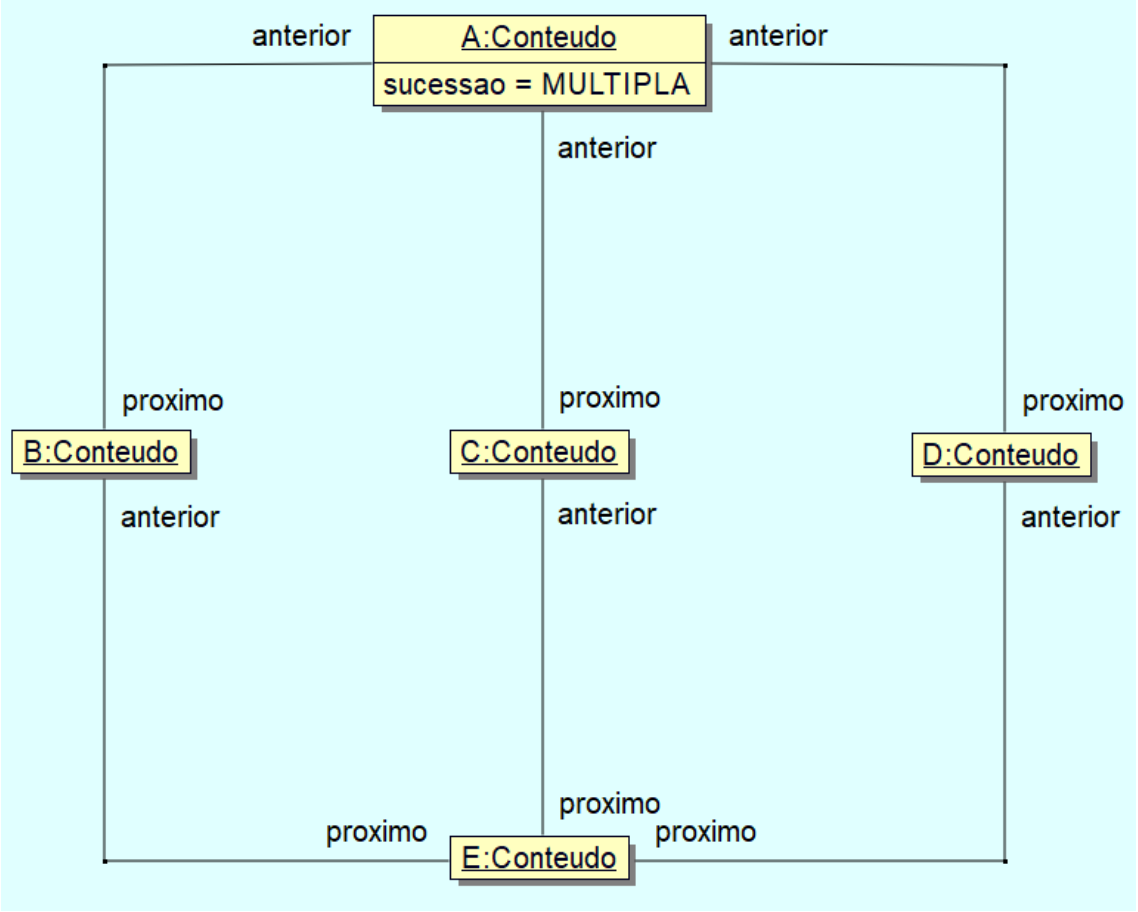
Figura 7 - Fluxo concorrente



Fonte: elaborada pelo Autor

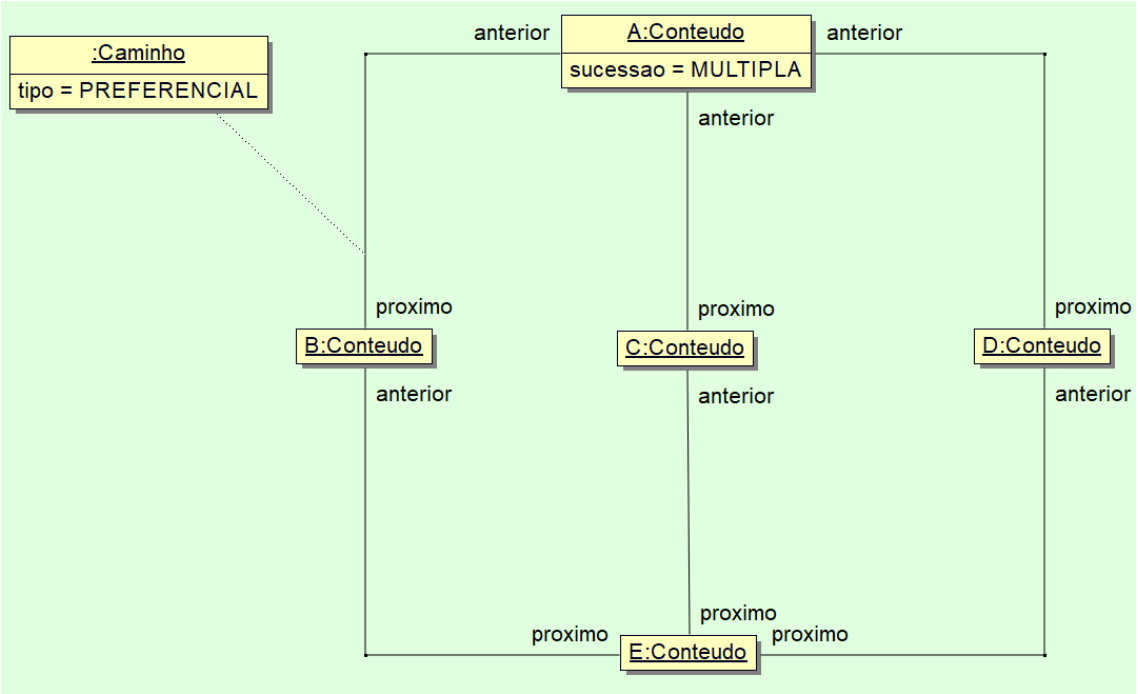
Na Figura 7, a Trilha é considerada completa quando os Conteúdos A, B, C, D e E, sendo que B, C e D podem ser consumidos em paralelo, não importando a ordem. Aqui, o Conteúdo E só pode ser acessado após a completude de B, C e D, enquanto estes só podem ser acessados após a completude de A.

Figura 8 - Fluxo de seleção múltipla sem fluxo principal



Fonte: elaborada pelo Autor

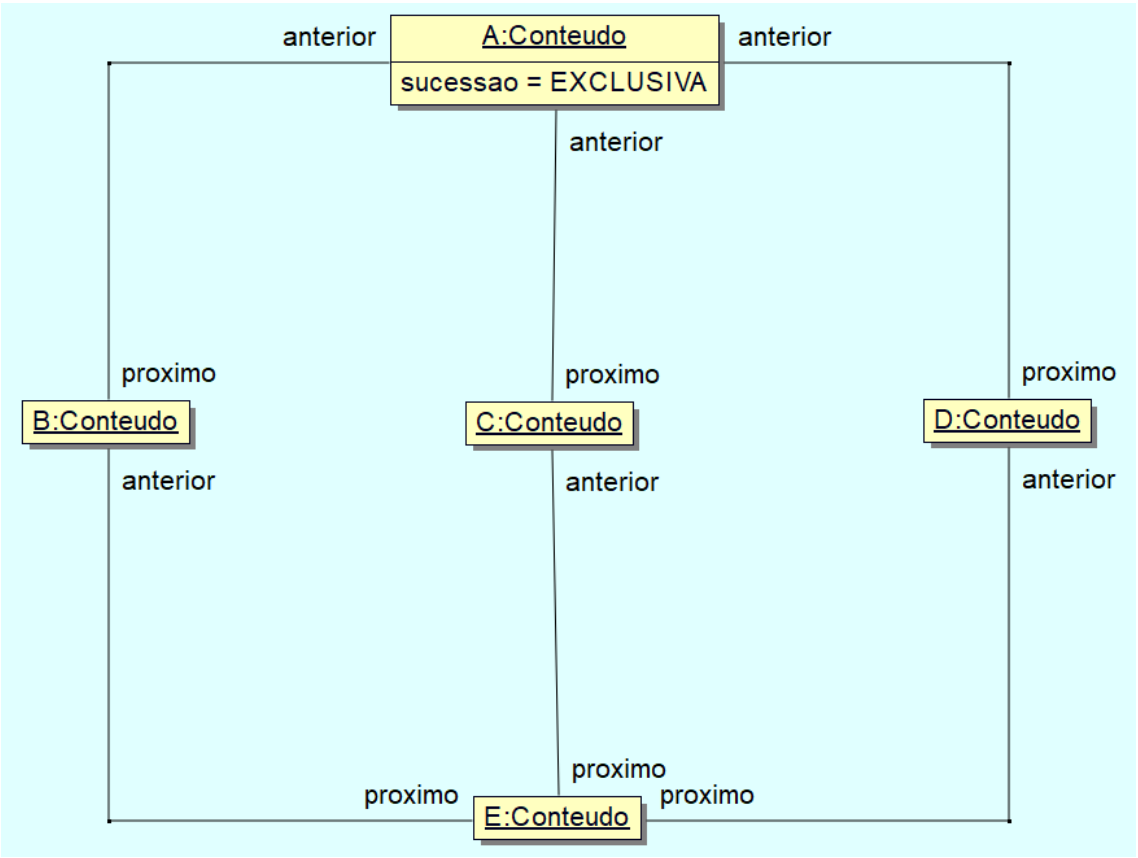
Figura 9 - Fluxo de seleção múltipla com fluxo preferencial



Fonte: elaborada pelo Autor

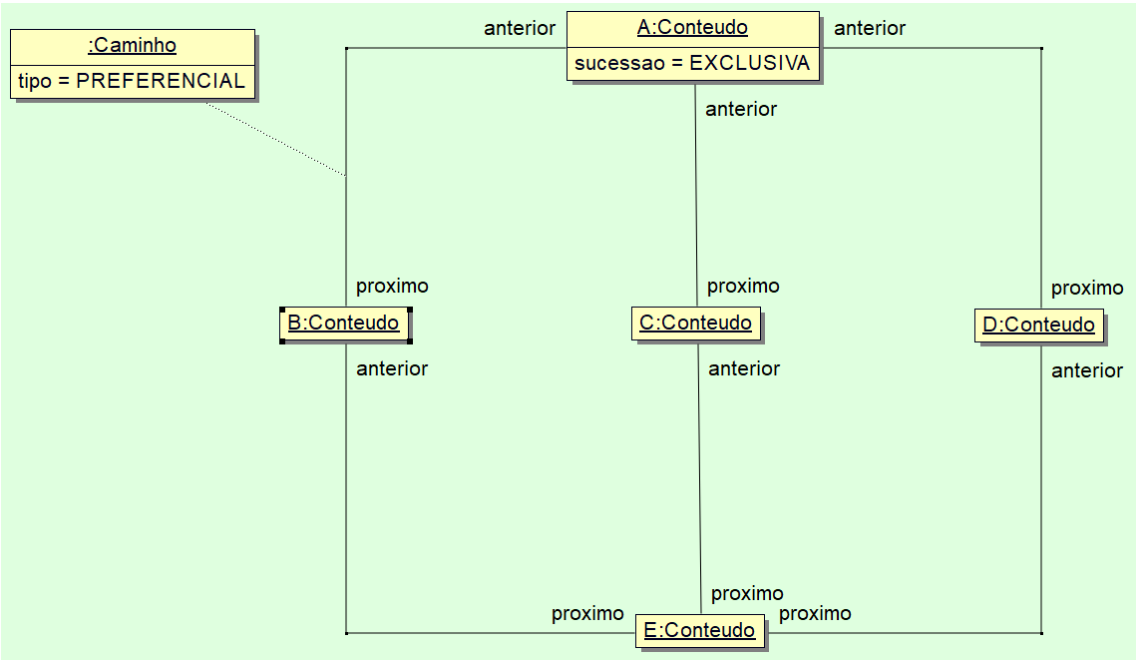
Nas Figuras 8 e 9, a Trilha é considerada completa quando forem completos A, B ou C ou D, e E, ou seja, pelo menos um de B, C ou D deve ser consumido, liberando, assim, o conteúdo E, sendo possível consumir B, C e D em paralelo. Porém, na Figura 9, B possui preferência entre B, C ou D, enquanto na Figura 8 não.

Figura 10 - Fluxo de seleção exclusiva sem fluxo preferencial



Fonte: elaborada pelo Autor

Figura 11 - Fluxo de seleção exclusiva com fluxo preferencial

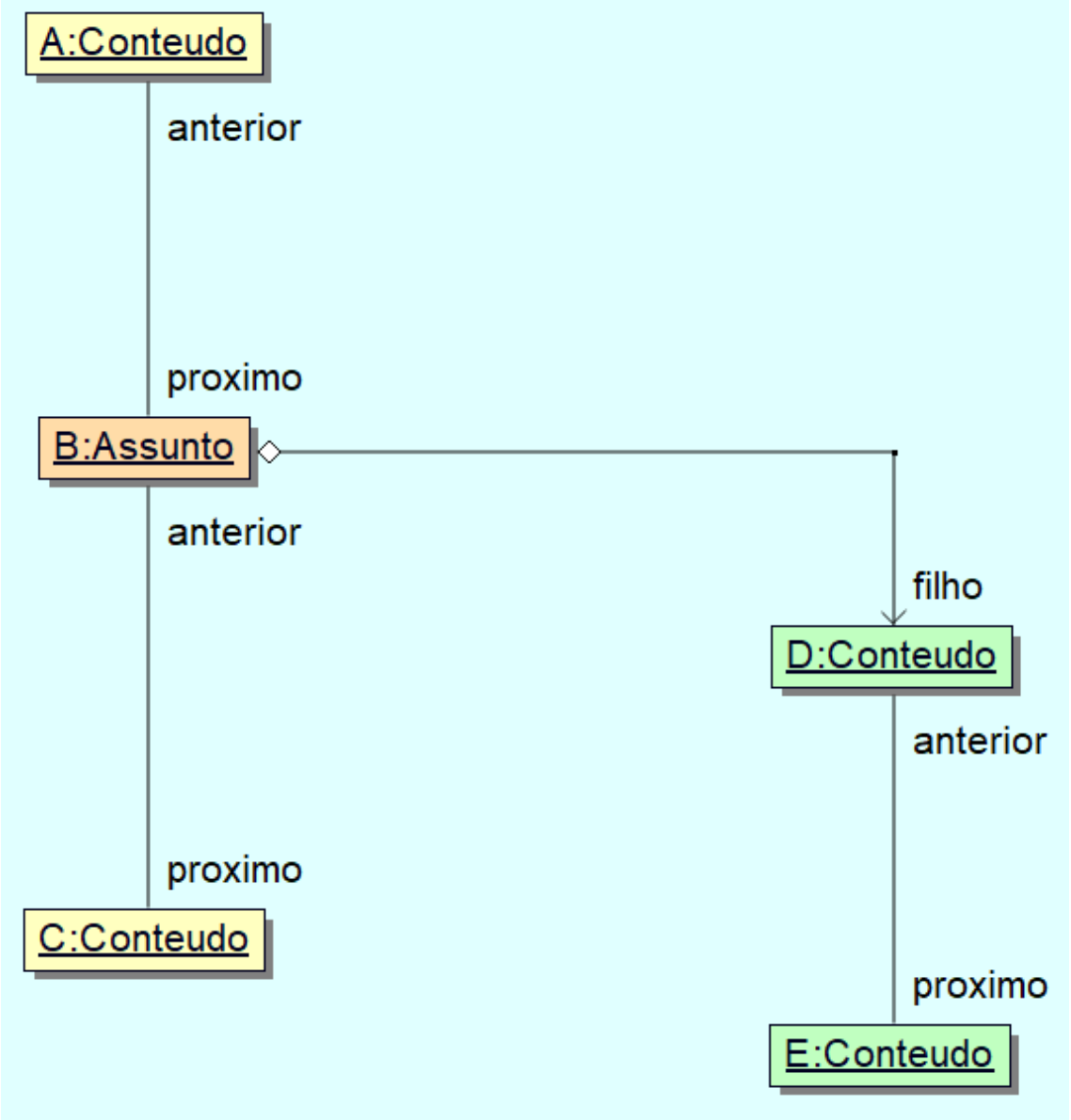


Fonte: elaborada pelo Autor

Nas Figuras 10 e 11, a Trilha é considerada completa quando forem completos A, B ou C ou D, e E, sendo que somente um de B, C ou D deve ser consumido, liberando,

assim, o conteúdo E e bloqueando os outros dois conteúdos não escolhidos. Porém, na Figura 11, B possui preferência entre B, C ou D, enquanto na Figura 10 não.

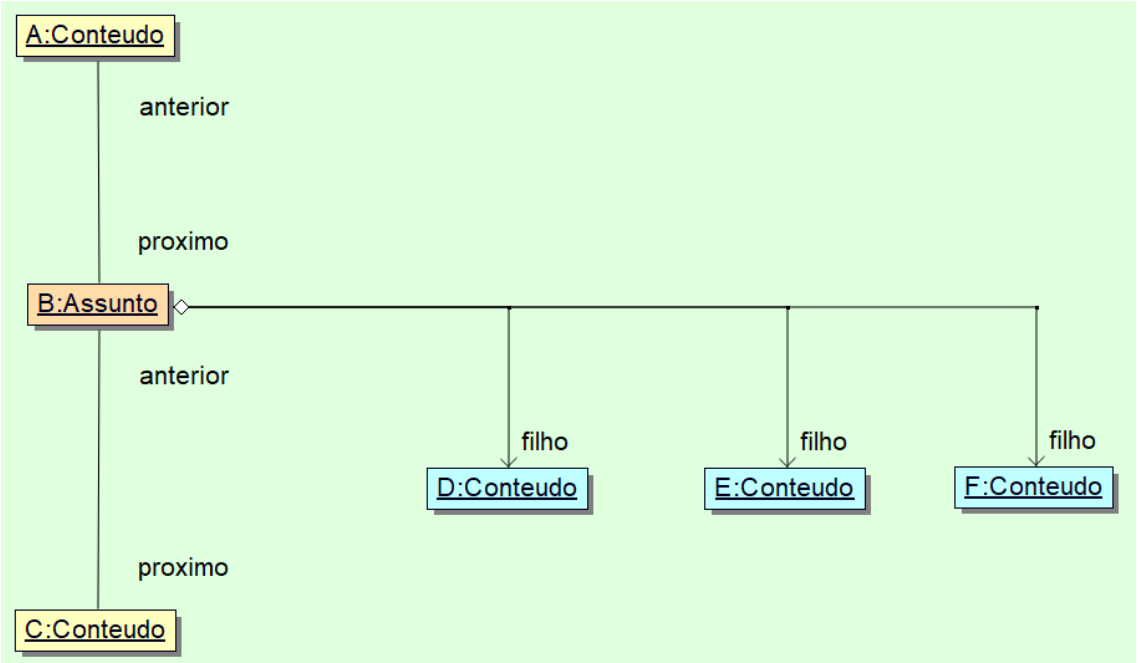
Figura 12 - Fluxo subordinado obrigatório



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 12, a Trilha é considerada completa quando os objetos A, B e C forem consumidos apenas nesta ordem. O Assunto B, por sua vez, é considerado completo quando são consumidos D e E apenas nesta ordem.

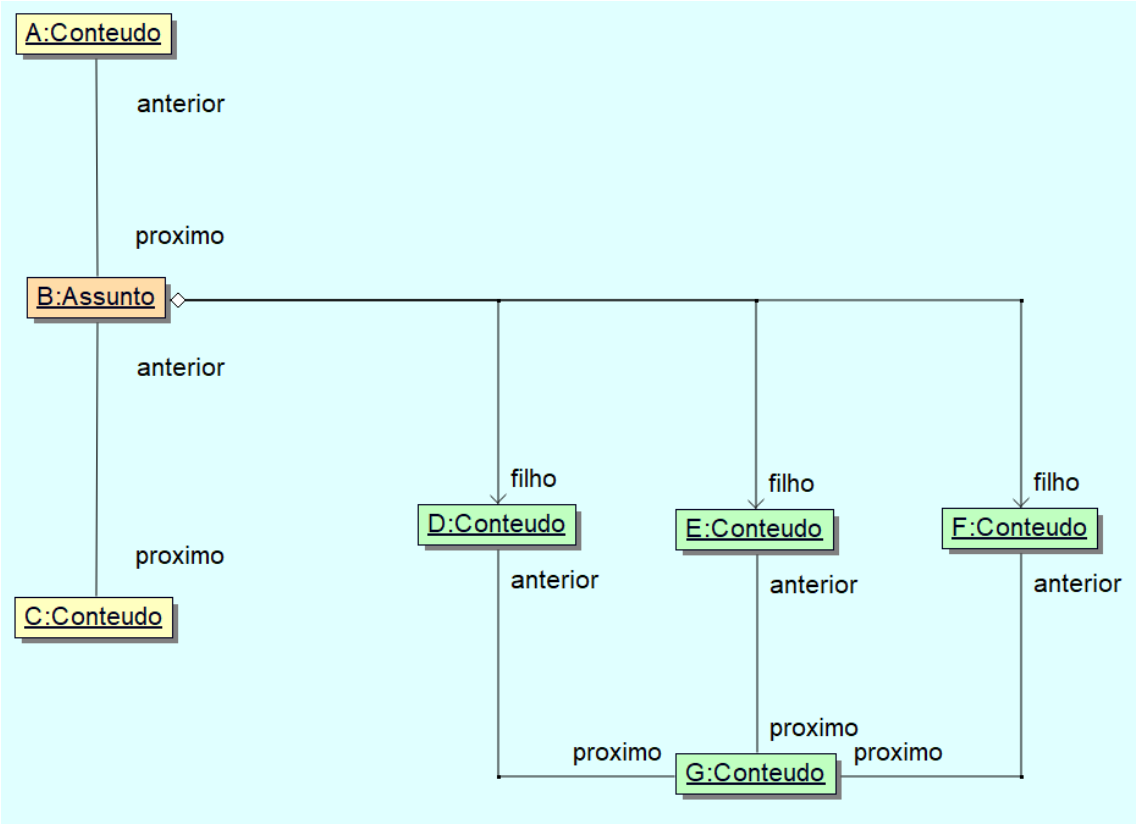
Figura 13 - Fluxo subordinado concorrente sem sucessor



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 13, a Trilha é considerada completa quando os objetos A, B e C forem consumidos apenas nesta ordem. B, por sua vez, é considerado completo quando forem consumidos D, E e F, que podem ser consumidos em paralelo.

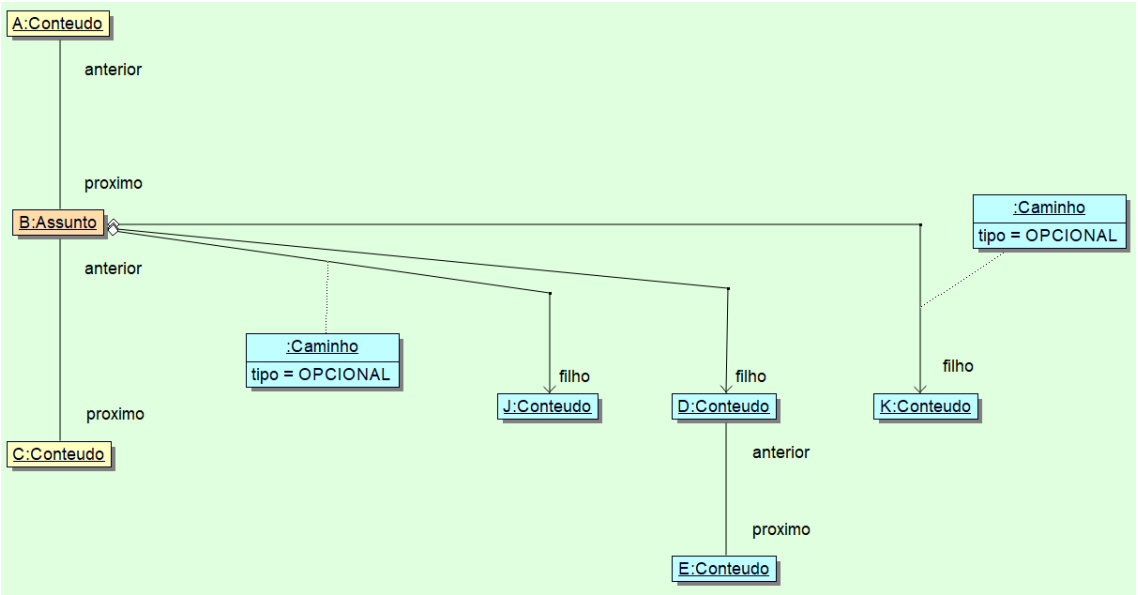
Figura 14 - Fluxo subordinado concorrente com sucessor



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 14, a Trilha é considerada completa quando os objetos A, B e C forem consumidos apenas nesta ordem. B, por sua vez, é considerado completo quando forem consumidos D, E e F, que podem ser consumidos em paralelo, e G. G só será liberado quando forem consumidos D, E e F.

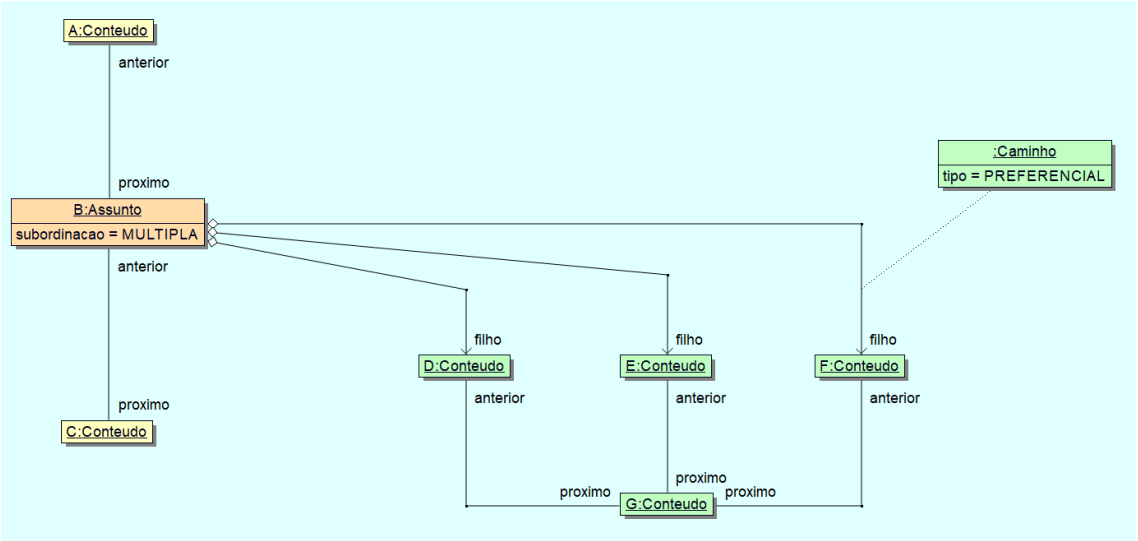
Figura 15 - Fluxo subordinado opcional



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 15, a Trilha é considerada completa quando forem consumidos A, B e C apenas nesta ordem. B, por sua vez, só é considerado completo quando forem consumidos D e E apenas nesta ordem, J e K estão disponíveis ao iniciar o Assunto B, mas são opcionais, podendo ser consumidos em paralelo entre si e com D.

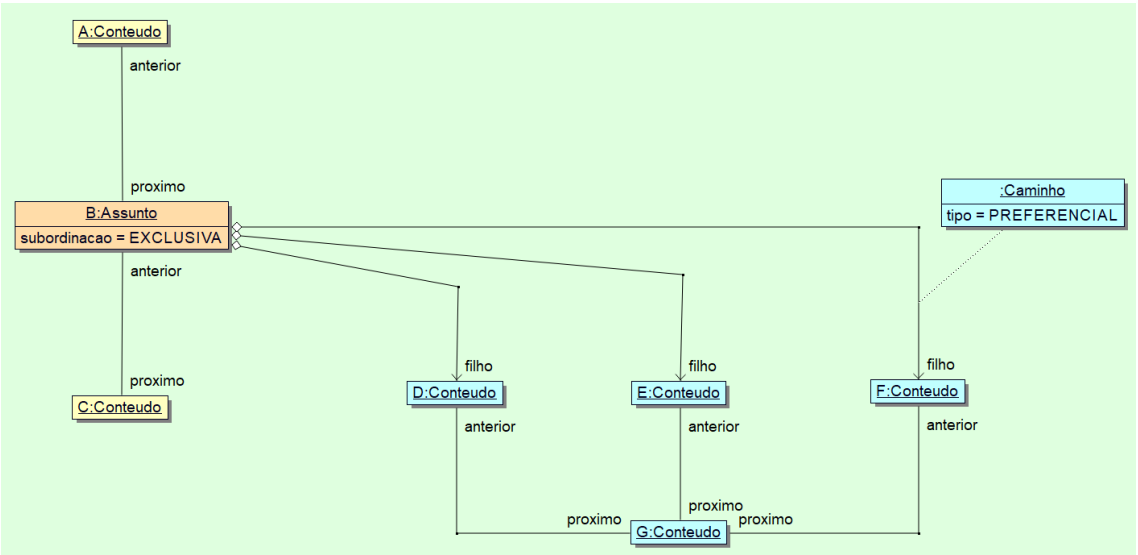
Figura 16 - Fluxo subordinado de seleção múltipla



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 16, A Trilha é considerada completa quando forem consumidos A, B e C apenas nesta ordem. B, por sua vez, só é considerado completo quando forem consumidos D ou E ou F, e G, ou seja, pelo menos um dentre D, E ou F deve ser consumido e o preferencial é F. O conteúdo de G será liberado após a completude de um dos antecessores. Os Conteúdos D, E e F podem ser consumidos em paralelo.

Figura 17 - Fluxo subordinado de seleção exclusiva



Fonte: elaborada pelo Autor

Na Figura 17, a Trilha é considerada completa quando forem consumidos A, B e C apenas nesta ordem. B, por sua vez, só é considerado completo quando forem consumidos D ou E ou F, e G, ou seja, somente um dentre D, E ou F deve ser consumido e o preferencial é F. O conteúdo de G será liberado apenas após a completude de apenas um dos antecessores. Após a escolha entre D, E ou F os dois escolhidos serão bloqueados. Vale lembrar que um Conteúdo só pode ser referenciado por um Assunto, logo, assim como o objeto Trilha mencionado no início desta seção, o objeto Assunto que não estiver presente nos exemplos está implícito em tais exemplos.

4 Avaliando o Modelo de Trilhas de Aprendizagem

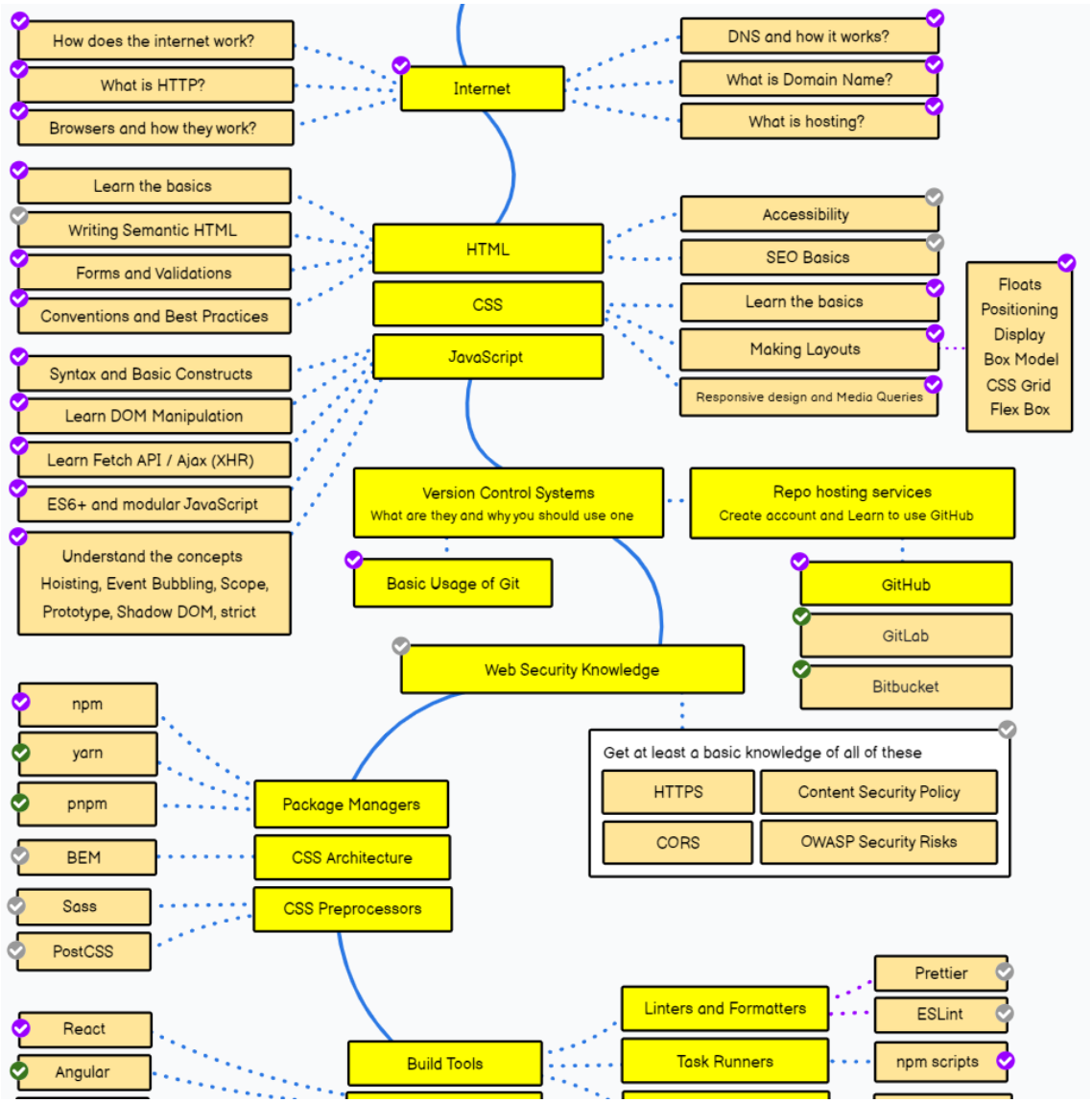
Neste capítulo, será apresentado um exemplo de trilha de aprendizagem real que será utilizado como prova de conceito do modelo proposto anteriormente. Para isso, serão discutidos os pontos do exemplo cobertos e não cobertos pelo modelo, assim como os motivos para essas semelhanças e diferenças.

4.1 A TRILHA DE APRENDIZAGEM

A trilha de aprendizagem escolhida para a prova de conceito deste trabalho foi a trilha de desenvolvimento frontend disponível no site roadmap.sh (AHMED, [s.d.]). Este site reúne diferentes conteúdos educacionais com o intuito de ajudar desenvolvedores em seus estudos. Dentre estes conteúdos, são encontradas trilhas de aprendizagem. Todos os conteúdos do site fazem parte de um projeto de código aberto que é o 6º mais popular no GitHub, com mais de 200.000 estrelas.

A trilha de exemplo trata de desenvolvimento frontend, trazendo diversos conceitos utilizados nos dias atuais para trabalhar nessa área. A trilha separa seus assuntos e conteúdos através de linhas contínuas ou pontilhadas, além de conter artifícios visuais para indicar certas regras de navegação. A Figura 18 mostra um trecho desta trilha.

Figura 18 - Trecho da trilha de desenvolvimento frontend do site roadmap.sh



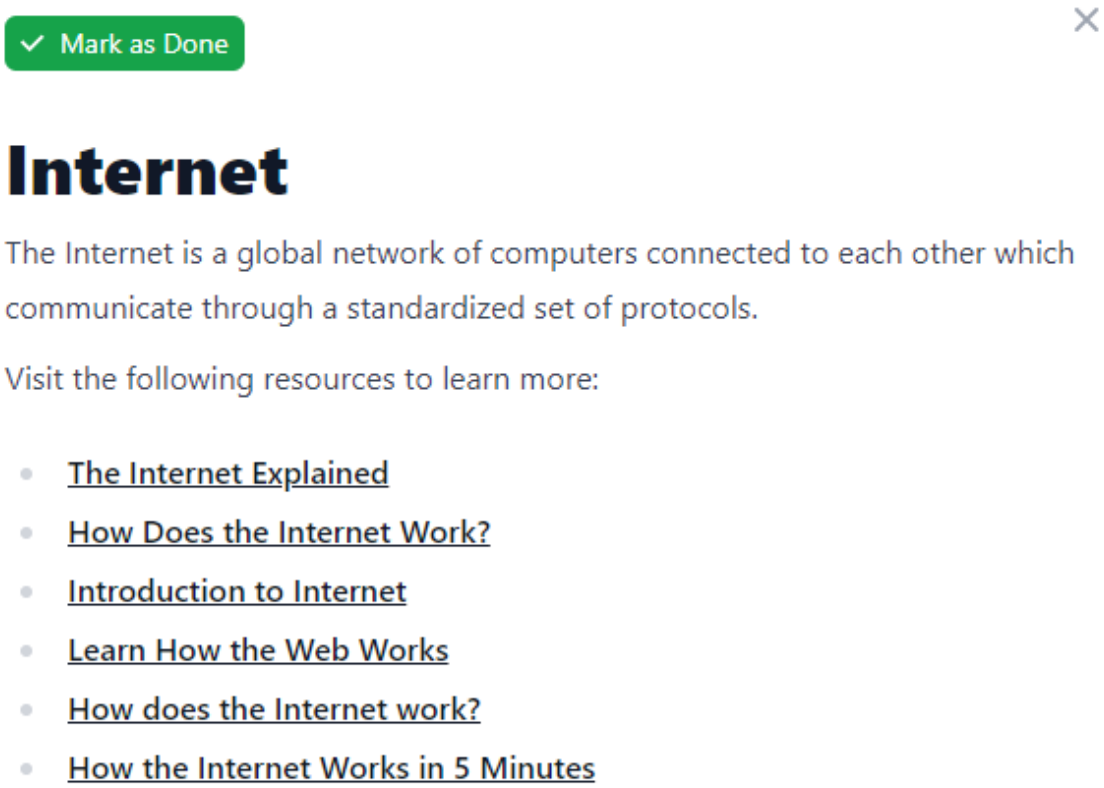
Fonte: Ahmed ([s.d.])

Esta trilha foi desenvolvida como um guia no estilo passo a passo para aqueles que desejam se tornar desenvolvedores frontend em 2022. Nela é possível selecionar qualquer nó da trilha para exibir detalhes sobre estes. A Figura 19 mostra o que é exibido ao selecionar o nó “Internet”.

Dentre os detalhes exibidos, são encontrados diferentes tipos de conteúdo que compõem as diferentes ações de aprendizagem que um desenvolvedor deve realizar para concluir certo nó. Por exemplo, na Figura 19, são exibidos dois artigos a serem lidos e os três vídeos a serem assistidos.

Apesar da Figura 19 exibir os detalhes de um assunto, os conteúdos exibidos neste detalhamento dizem respeito ao nó, com tradução livre, “Como a internet funciona?”, ou seja, ao clicar nele, os mesmos conteúdos são exibidos.

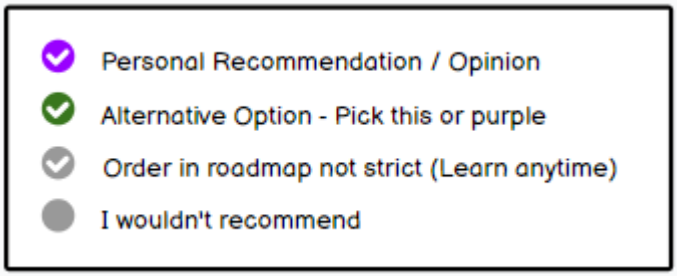
Figura 19 - Informações exibidas ao selecionar o nó "Internet" na trilha de exemplo



Fonte: Ahmed ([s.d.])

Além disso, na trilha de exemplo existem marcadores em quase todos os Passos que representam diferentes regras de navegação. São elas: (i) marcações de cor roxa, que representam nós ou conteúdos mais importantes que precisam ser percorridos na ordem recomendada, (ii) marcações de cor verde, que representam nós ou conteúdos alternativos ao roxo em um determinado grupo de nós, (iii) marcações de cor cinza que representam nós ou conteúdos que não precisam ser percorridos na ordem recomendada, e; (iv) nós de cor cinza, que representam conteúdos não recomendados. A Figura 20 apresenta a legenda presente na trilha de exemplo.

Figura 20 - Legenda da navegação da trilha de exemplo

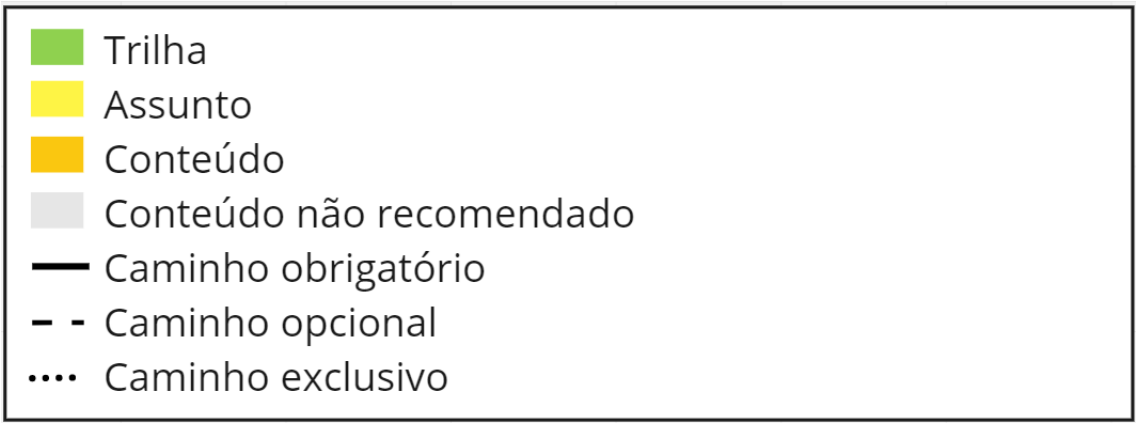


Fonte: Ahmed ([s.d.])

Apesar desta trilha fazer parte de um projeto bem avaliado, existem algumas

inconsistências e ambiguidades em sua representação. Um exemplo disso está no nó “Repo Hosting Services” e seus filhos, já que um deles (o nó “GitHub) está representado com a cor de um assunto apesar de ser um conteúdo, outro exemplo se dá no nó “CSS”, onde a hierarquia dos nós “Making Layouts” e “Floots Positioning Display Box Model CSS Grid Flex Box” parece indicar que os outros nós são paralelos, porém, ao selecionar o nó “CSS” é exibida uma ordem de navegação. Por isso, para a prova de conceito deste TCC, foi feito um novo desenho para que não haja nenhuma inconsistência ou ambiguidade durante a prova de conceito. Neste novo desenho, os nós que possuíam algum tipo de ambiguidade ou inconsistência foram corrigidos de acordo com uma análise de seus conteúdos e como eles se relacionam com os nós da mesma sessão, trazendo os assuntos e conteúdos com uma ordem e regras de navegação mais bem definidas. Nele os nós foram traduzidos para o português. O desenho será dividido em três partes para melhor compreensão.

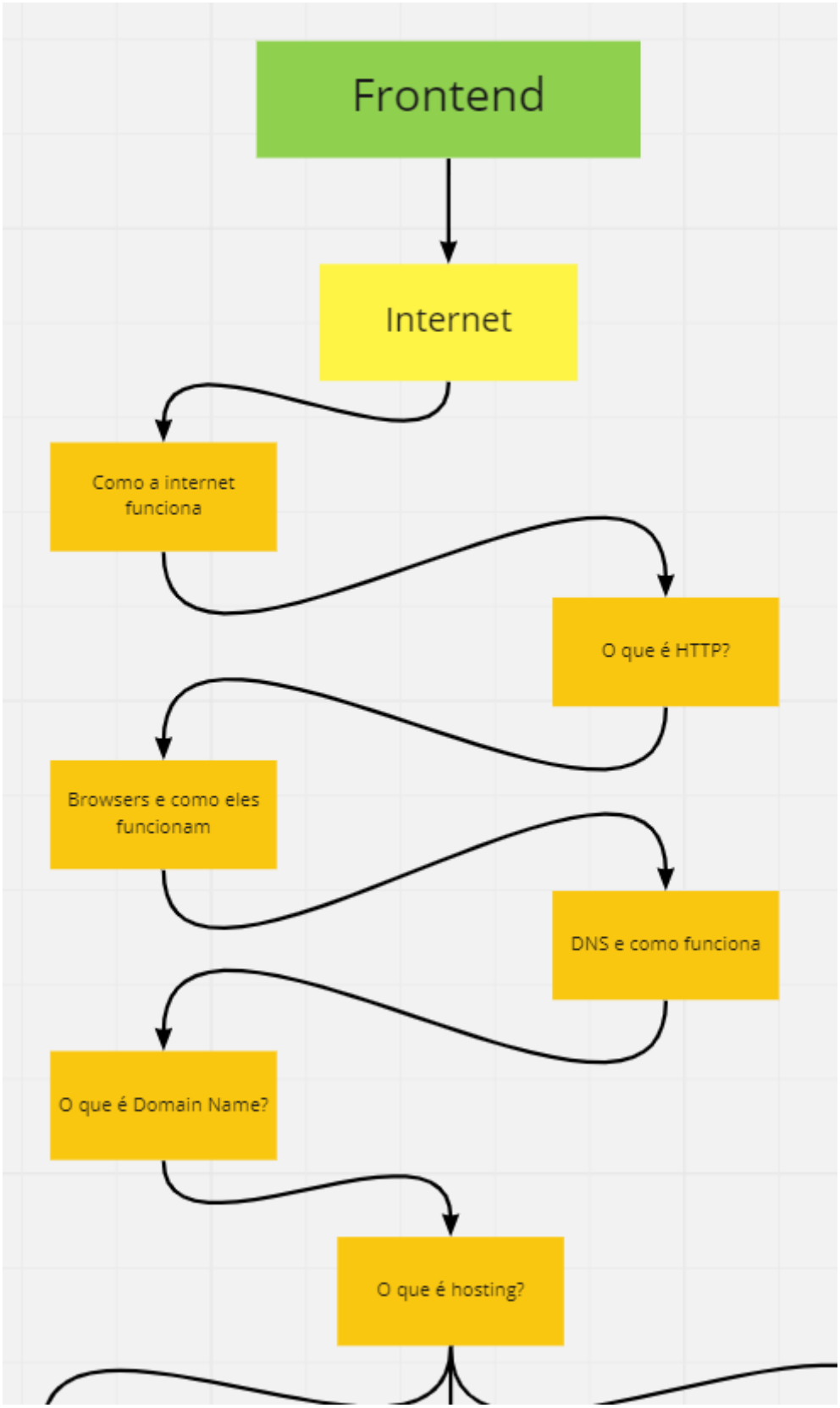
Figura 21 - Legenda do desenho da trilha de exemplo



Fonte: elaborada pelo Autor

A Figura 21 traz a legenda do desenho, que foi criada para que se tenha um melhor entendimento do desenho.

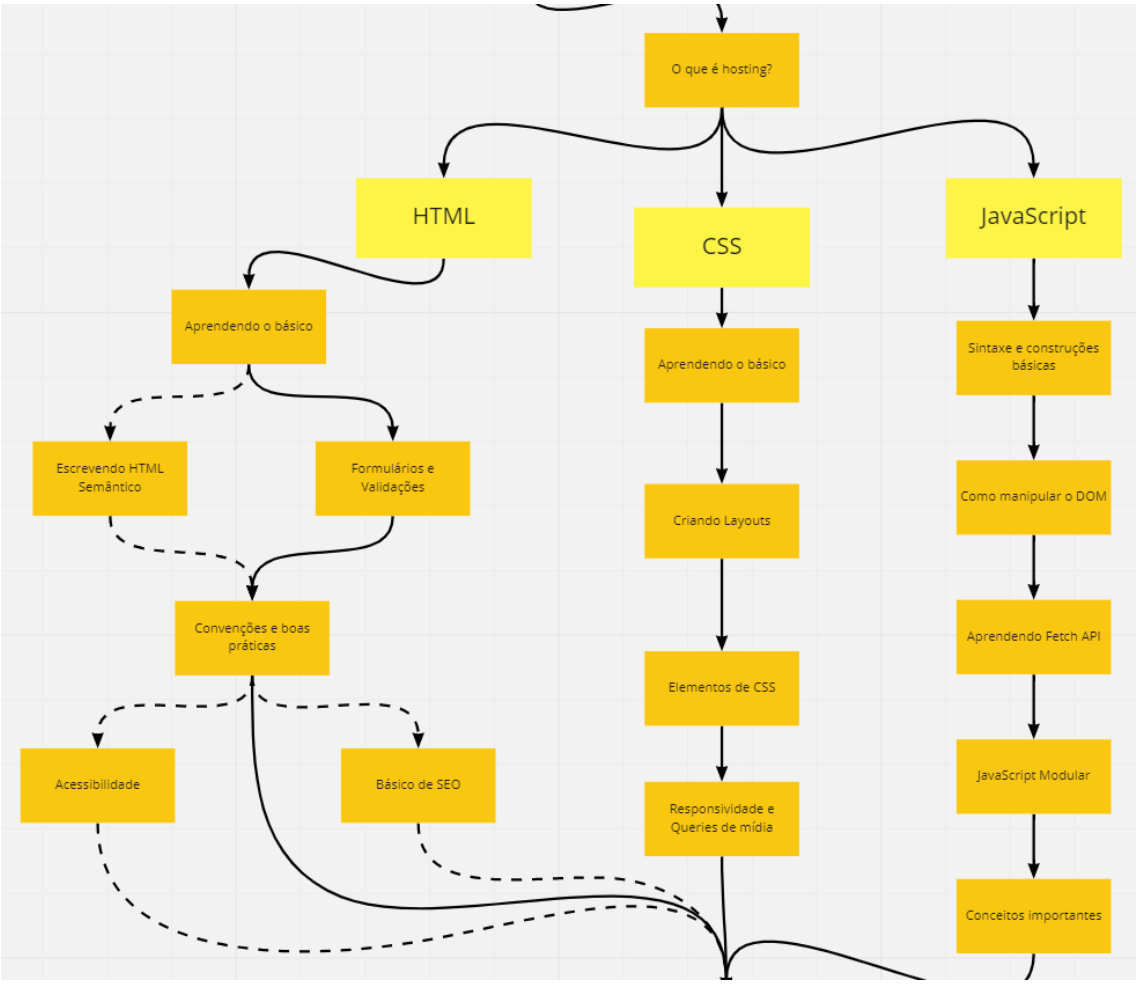
Figura 22 - Primeira parte do desenho da trilha de exemplo



Fonte: elaborada pelo Autor

A Figura 22 traz o primeiro Assunto da trilha de exemplo da Figura 18 e seus respectivos Conteúdos agora com uma ordem e regras de navegação mais bem definidas.

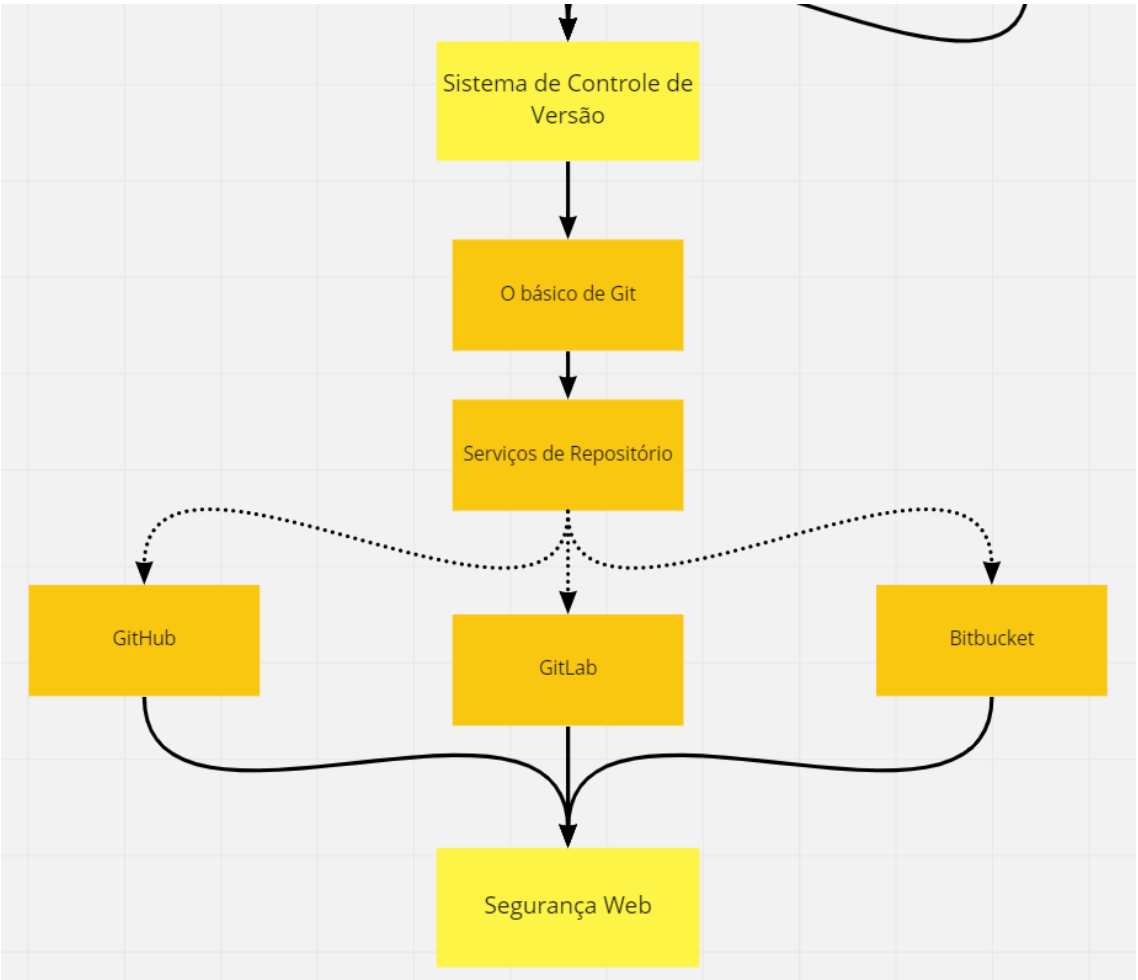
Figura 23 - Segunda parte do desenho da trilha de exemplo



Fonte: elaborada pelo Autor

A Figura 23 traz os três Assuntos seguintes com seus respectivos Conteúdos agora com uma ordem e regras de navegação mais bem definidas.

Figura 24 - Terceira parte do desenho da trilha de exemplo



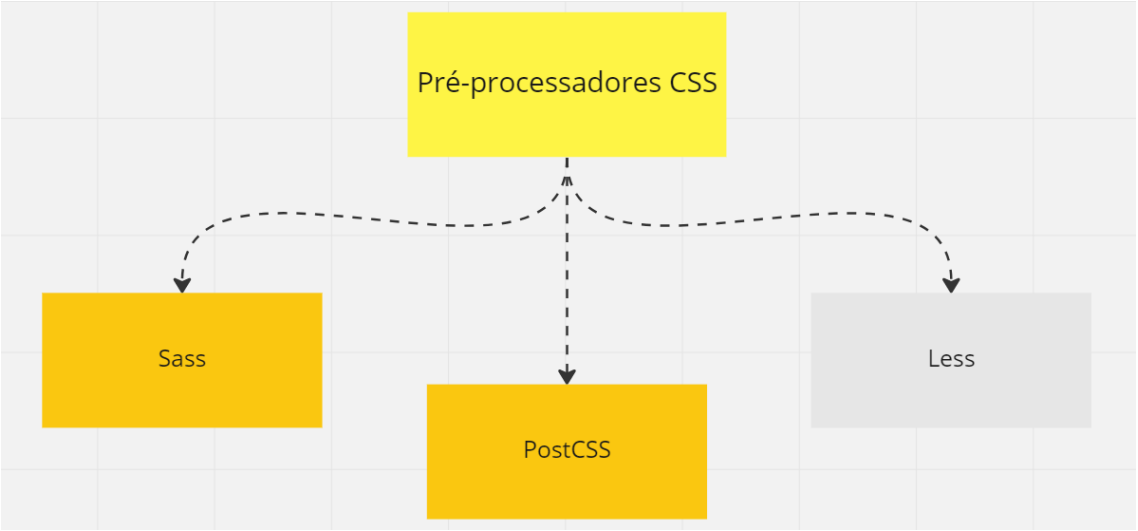
Fonte: elaborada pelo Autor

A Figura 24 traz o Assunto seguinte com seus respectivos Conteúdos agora com uma ordem e regras de navegação mais bem definidas. Além disso, é exibido mais um Assunto, porém este não teve seus conteúdos representados.

Como é possível notar pelas figuras, as três partes do desenho apresentadas se complementam formando o desenho que representa um pedaço da trilha de exemplo apresentada.

Além destes três desenhos, foi feito um quarto que representa um pedaço mais à frente da trilha de exemplo e que possui uma instância da regra de não recomendado. Este desenho é exibido na Figura 25.

Figura 25 - Desenho de um trecho separado da trilha de exemplo



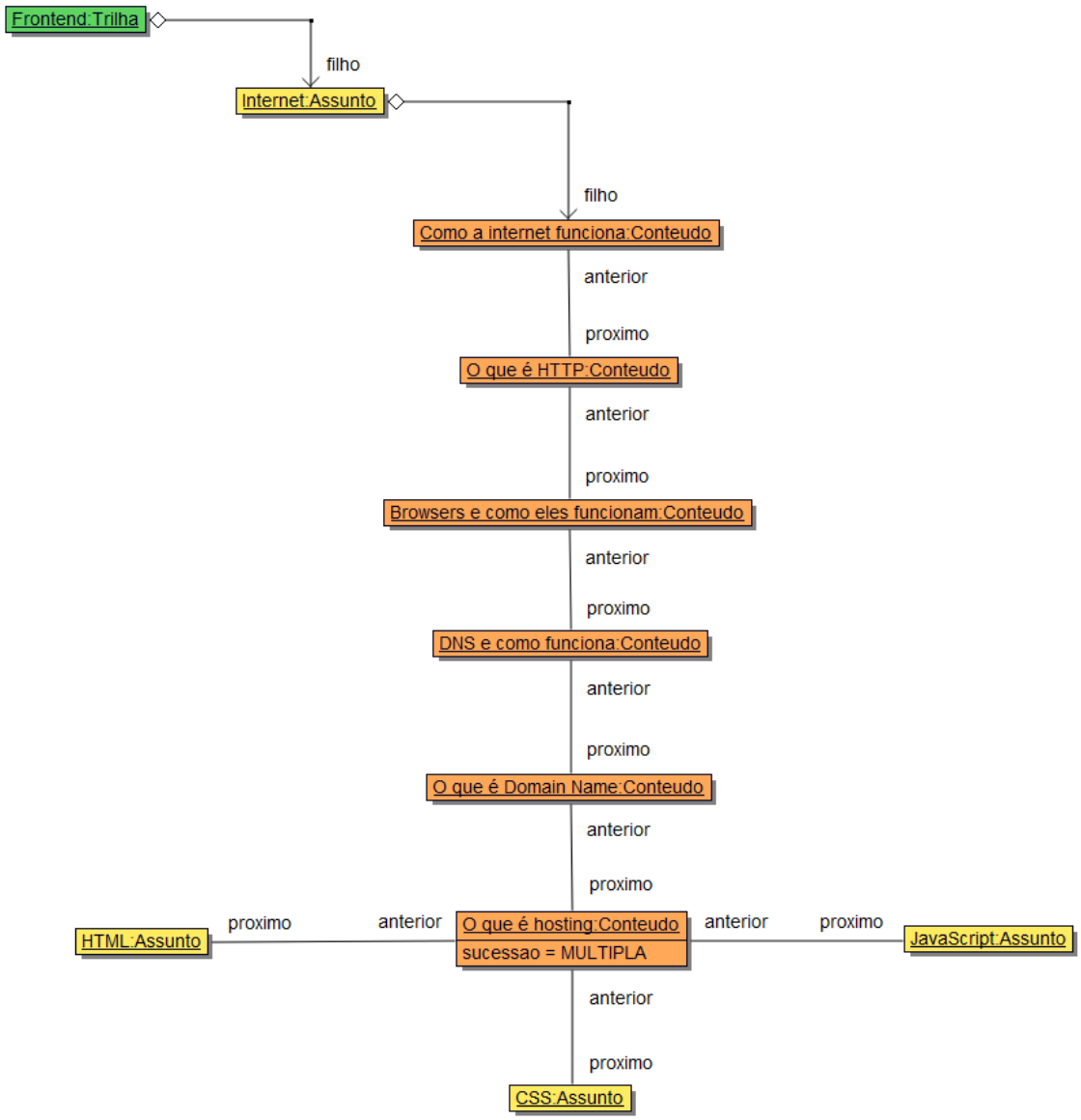
Fonte: elaborada pelo Autor

4.2 PROVA DE CONCEITO

A partir dos desenhos criados para representar a trilha de exemplo, foram criados quatro diagramas de objetos. Assim como na seção 3.3, alguns objetos nos diagramas estão ocultos ou com os atributos implícitos, nesses casos, os objetos ocultos estão implicitamente instanciados com seus valores padrão e os atributos não exibidos também devem ser considerados em seus valores padrão. O esquema de cores do desenho foi mantido nos diagramas para melhor entendimento.

A Figura 26 traz o diagrama de objetos do desenho apresentado na Figura 22.

Figura 26 - Diagrama de Objetos da Figura 22

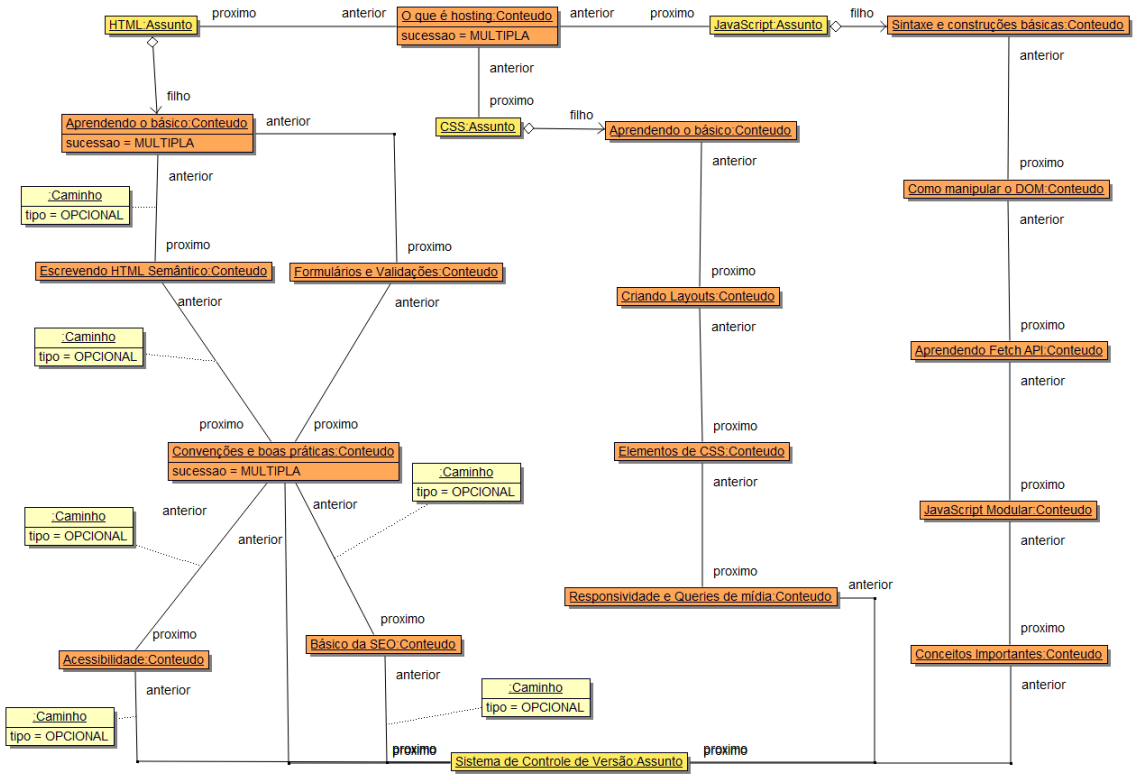


Fonte: elaborada pelo Autor

Este diagrama de objetos representa muito bem o desenho da Figura 22, lembrando que os atributos “sucessao” não exibidos estão com o seu valor padrão “OBRIGATORIA” e os Caminhos não exibidos também são do tipo “OBRIGATORIO”. Aqui, o único atributo que não está com o valor padrão é o “sucessao” do Conteudo “O que é hosting”, que está com o valor “MULTIPLA”, indicando que este objeto possui mais de um sucessor. Vale ressaltar que estes sucessores estão ligados ao objeto por Caminhos do tipo “OBRIGATORIO”, portanto todos os sucessores precisam ser percorridos.

A Figura 27 traz o diagrama de objetos do desenho apresentado na Figura 23.

Figura 27 - Diagrama de Objetos da Figura 23

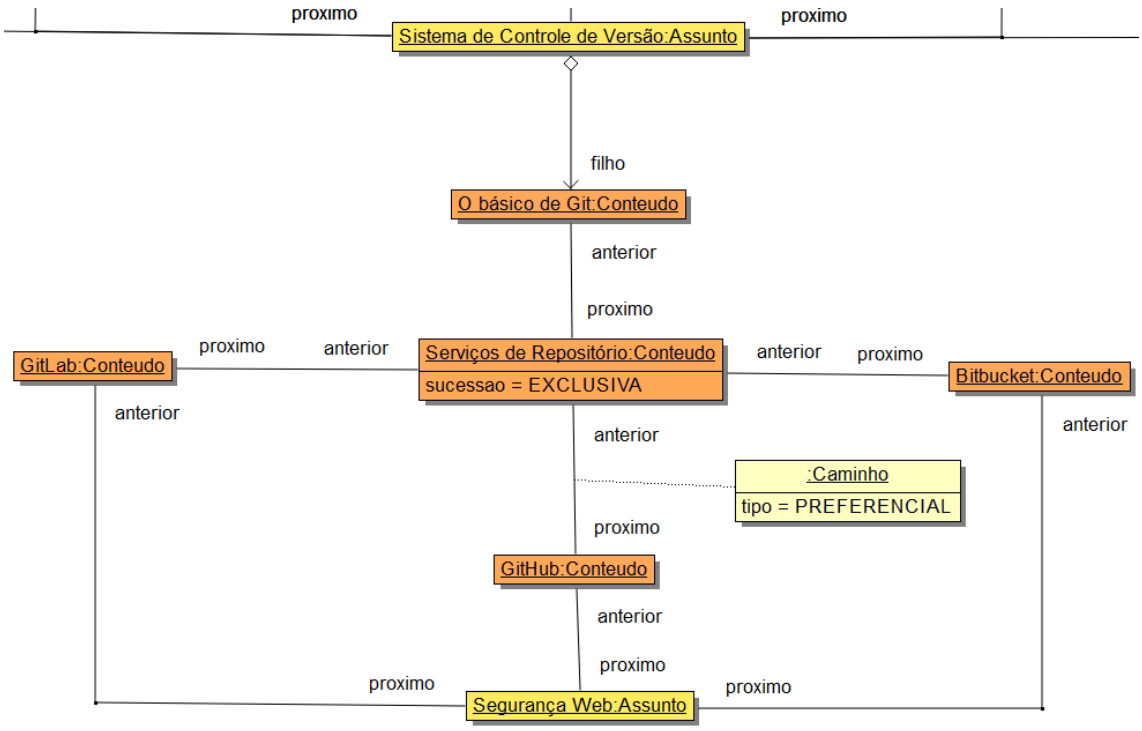


Fonte: elaborada pelo Autor

Este diagrama de objetos também representa muito bem o desenho da Figura 23, lembrando que os atributos “sucessao” e “subordinacao” não exibidos estão com o seu valor padrão “OBRIGATORIA” e os Caminhos não exibidos também são do tipo “OBRIGATORIO”. Aqui, para que fique claro a conexão entre os desenhos, se repete o Conteudo “O que é hosting”. Além deste, mais dois conteúdos possuem o atributo “sucessao” com o valor “MULTIPLA”: “Aprendendo o básico” e “Convenções e boas práticas”. Diferentemente do Conteudo “O que é hosting”, os outros dois possuem Caminhos do tipo “OPCIONAL” ligados com alguns de seus sucessores, indicando que tais sucessores não precisam ser percorridos.

A Figura 28 traz o diagrama de objetos do desenho apresentado na Figura 24.

Figura 28 - Diagrama de objetos da Figura 24

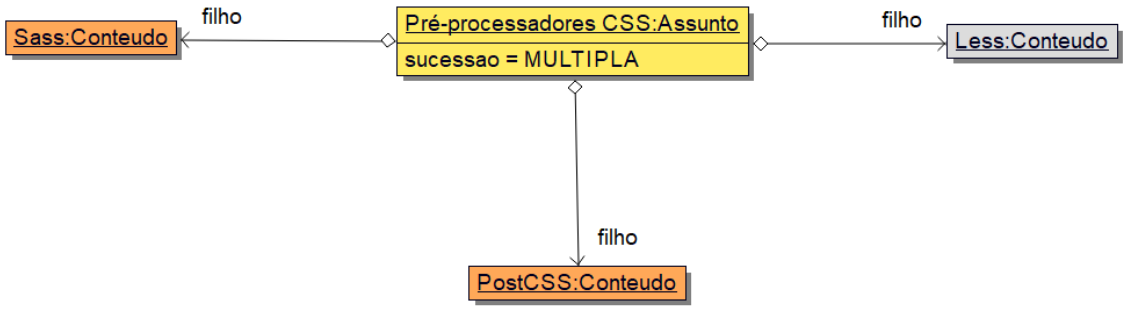


Fonte: elaborada pelo Autor

Este diagrama de objetos também representa muito bem o desenho da Figura 24, lembrando que os atributos “sucessao” e “subordinacao” não exibidos estão com o seu valor padrão “OBRIGATORIA” e os Caminhos não exibidos também são do tipo “OBRIGATORIO”. Aqui, para que fique claro a conexão entre os desenhos, se repete o Assunto “Sistema de Controle de Versão”. Aqui temos um Conteudo e um Caminho com valores de seus atributos diferentes do padrão. O Conteudo “Serviços de Repositório” possui o atributo “sucessao” com o valor “EXCLUSIVA” indicando que apenas um de seus sucessores pode ser percorrido. O Caminho que liga o Conteudo “Serviços de Repositório” com o Conteudo “GitHub” possui o atributo “tipo” com o valor “PREFERENCIAL”, indicando que, dentre as opções de caminho, este é o recomendado para percorrer.

A Figura 29 traz o diagrama de objetos do desenho apresentado na Figura 25.

Figura 29 - Diagrama de objetos da Figura 25



Fonte: elaborada pelo Autor

Este diagrama de objetos não representa muito bem seu desenho já que não existe um indicador de que o Conteudo “Less” não é recomendado, uma vez que as cores dos objetos são apenas para melhor visualização em relação ao desenho apresentado. Este indicador poderia facilmente ser adicionado ao modelo como um novo atributo, porém, da forma como o modelo está definido, uma forma de indicar que um conteúdo não é recomendado seria não adicioná-lo na trilha.

4.3 CONCLUSÕES DA PROVA DE CONCEITO

A partir da prova de conceito, pode-se concluir que foi possível definir e estruturar os elementos de uma trilha de aprendizagem para o aprendizado em computação usando o modelo proposto. Entretanto, essa avaliação não descarta que futuras alterações no modelo sejam necessárias visando adaptá-lo para cenários que contemplem outras formas de navegação pelo conteúdo. Com isso, conclui-se que, apesar da prova de conceito ter sido bem-sucedida, a ausência de restrições na representação da trilha não indica que alterações futuras no modelo estejam descartadas em função de sua aplicação em cenários com diferentes formas de navegação.

5 Conclusão

Estes trabalhos definiu os elementos necessários para estruturar uma trilha de aprendizagem para o aprendizado em computação, assim como concebeu modelo de trilhas de aprendizagem para a utilização na LearningCurve. Convém mencionar que ainda que tenha objetivo específico de utilização na plataforma LearningCurve, imagina-se que o modelo proposto possa ser utilizado em outros projetos ou iniciativas de pesquisa que lidem com o tema de trilhas de aprendizagem.

Para a realização deste trabalho, foi decidido utilizar uma trilha real na prova de conceito, ao invés de realizar a construção de uma nova, para que houvesse maior realismo na validação do modelo. Porém, encontrar trilhas reais que explorassem todas as características do modelo se mostrou um desafio. Olhando para a LearningCurve, uma de suas características é a criação de trilhas através da multidão, ou seja, a criação de artefatos realizada e refinada pelos usuários da plataforma (LU et al., 2019). Logo, ao procurar trilhas reais criadas desta forma, foi encontrado o site roadmap.sh (AHMED, [s.d.]) que também é um projeto colaborativo, onde as trilhas de aprendizagem recebem atualizações da comunidade, e atualmente é um dos projetos mais populares no GitHub. No site há diversas trilhas de aprendizagem para diferentes assuntos, porém, no momento da realização da prova de conceito, apenas a trilha selecionada possuía regras de navegação bem definidas e outras características em comum com o modelo.

Com isso, foi possível realizar apenas uma prova de conceito que, apesar de indicar a viabilidade da aplicação do modelo de trilhas proposto, ainda deixa em aberto a possibilidade de existirem limitações não abordadas neste trabalho. Apesar disso, a trilha de exemplo utilizada possui diferentes regras de navegação e possíveis caminhos presentes nela.

Para este trabalho, não foi considerado parte do escopo o detalhamento de implementação do modelo. Assim, alguns detalhes de implementação mencionados neste trabalho que poderiam ser contemplados no modelo, como a definição de uma classe referência para que seja mais fácil para diversas trilhas referenciarem um mesmo Conteudo, foram deixados de lado.

Uma evolução futura deste trabalho se dá em uma maior investigação da literatura técnica para que sejam identificados elementos de trilhas de aprendizagem não explorados do modelo, assim como a elaboração de uma trilha de aprendizagem de exemplo baseada na literatura para realizar uma nova prova de conceito.

Além deste, outro trabalho futuro consiste em examinar, como mencionado anteriormente, os possíveis cenários não explorados que exijam alterações no modelo. Para que estes sejam identificados, é necessário realizar avaliações adicionais em trilhas diversas para que seja possível identificar e definir diferentes regras de navegação ou até mesmo novos elementos que possam enriquecer o modelo, deixando-o mais completo.

Por fim, é possível realizar a implementação do modelo a fim de identificar os detalhes de implementação não explorados neste trabalho. Para isso, deve-se considerar os possíveis cenários de implementação mencionados no capítulo 3, sendo estes: a criação de uma classe referência para a classe Conteudo para que diferentes trilhas possam referenciar um mesmo Conteudo; a forma como as regras de navegação são cumpridas pelos usuários, por exemplo, se um usuário deve completar um caminho opcional se escolhido ou se pode abandoná-lo por ser opcional; e o tratamento de ciclos nas trilhas, já que, pelo modelo, estes são possíveis mas podem ser desnecessários para a plataforma.

Referências Bibliográficas

DAGENAIS, B.; ROBILLARD, M. P. **Creating and evolving developer documentation: understanding the decisions of open source contributors**. Proceedings of the eighteenth ACM SIGSOFT international symposium on Foundations of software engineering. **Anais**...: FSE '10.New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 7 nov. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1882291.1882312>. Acesso em: 9 jan. 2023

MENG, M.; STEINHARDT, S.; SCHUBERT, A. **Optimizing API Documentation: Some Guidelines and Effects**. 3 out. 2020.

YANG, F. **Learning Path Construction in e-Learning – What to Learn and How to Learn?** Doctoral—[s.l.] Durham University, 2013.

CAMPOS, J. P. P. et al. Um Relato de Experiência sobre o Uso do Platform Design Toolkit no Contexto do Projeto LearningCurve. **RelaTe-DIA**, v. 15, n. 1, 3 jun. 2022.

LOPES, P.; LIMA, G. A. Estratégias de Organização, Representação e Gestão de Trilhas de Aprendizagem: uma revisão sistemática de literatura. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 24, n. 2, p. 165–195, jun. 2019.

YANG, F.; LI, F. W. B.; LAU, R. W. H. A Fine-Grained Outcome-Based Learning Path Model. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems**, v. 44, n. 2, p. 235–245, fev. 2014.

JANSSEN, J. et al. Learning Path Specification. **Educational Technology and Society**, v. 14, 1 jul. 2011.

THAYER, K.; CHASINS, S. E.; KO, A. J. A Theory of Robust API Knowledge. **ACM Transactions on Computing Education**, v. 21, n. 1, p. 1–32, mar. 2021.

CUMMAUDO, A.; VASA, R.; GRUNDY, J. **What should I document? A preliminary systematic mapping study into API documentation knowledge**. 2019 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM).

Anais... Em: 2019 ACM/IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING AND MEASUREMENT (ESEM). set. 2019.

BENEDITO, M. DE A. Construção de trilhas de aprendizagem por processos como suporte para o desenvolvimento de competências no SERPRO. 2015.

GAMMA, E. et al. **Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software**. [s.l.] Pearson Deutschland GmbH, 1995.

EDELWEISS, N.; GALANTE, R. **Estruturas de Dados: Volume 18**. [s.l.] Grupo A - Bookman, 2009.

AHMED, K. **Frontend Developer Roadmap: Learn to become a modern frontend developer**. Disponível em: <https://roadmap.sh>. Acesso em: 31 jul. 2022.

LU, Y. et al. Studying in the 'Bazaar': An Exploratory Study of Crowdsourced Learning in GitHub. **IEEE Access**, v. 7, p. 58930–58944, 2019.