

ISSN: 2316-6517



**International Journal of Knowledge  
Engineering and Management**

v. 09, n. 24, 2020.

[ijkem.ufsc.br](http://ijkem.ufsc.br)



## MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE ONTOLOGIAS NO ÂMBITO FLORESTAL



### MÁRCIO JOSÉ MOUTINHO DA PONTE

Doutor em Ciências Ambientais  
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

[marcio.ponte@ufopa.edu.br](mailto:marcio.ponte@ufopa.edu.br)

ORCID: [0000-0002-0724-3721](https://orcid.org/0000-0002-0724-3721)

### RICARDO JARDIM-GONÇALVES

Doutor em Sistemas de Informação Industrial  
Universidade Nova de Lisboa (NOVA) e Instituto de Desenvolvimento de Novas  
Tecnologias (UNINOVA)

[rg@uninova.pt](mailto:rg@uninova.pt)

ORCID: [0000-0002-3703-6854](https://orcid.org/0000-0002-3703-6854)

### CELSON PANTOJA LIMA

Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

[celson.lima@ufopa.edu.br](mailto:celson.lima@ufopa.edu.br)

ORCID: [0000-0002-8074-8566](https://orcid.org/0000-0002-8074-8566)

Submissão: 08 maio 2020. Aceitação: 16 setembro 2020.  
Sistema de avaliação: duplo cego (*double blind review*).  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)





## MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE ONTOLOGIAS NO ÂMBITO FLORESTAL

### Resumo

**Objetivo:** Este artigo tem como objetivo mapear de forma sistemática os trabalhos que abordam a representação formal do conhecimento com utilização de ontologia na abrangência da engenharia florestal.

**Design/Methodologia/Abordagem:** O mapeamento sistemático utilizou uma abordagem metodológica comprovada e amplamente utilizada no âmbito científico, com intuito de mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de estudos primários relevantes acerca de ontologias no âmbito florestal. O estudo de mapeamento sistemático foi aplicado na área da engenharia florestal com relevância em temas como Manejo Florestal, Monitoramento Ambiental, Impacto Ambiental, Ecossistema e Biodiversidade.

**Resultados:** Os resultados observados neste trabalho evidenciam uma escassez de ontologias e aplicações de caráter semântico no contexto botânico e florestal, agravado quando se trata do contexto amazônico. Tal situação contrasta com a magnitude da floresta Amazônica, detentora da maior diversidade biológica do planeta, que representa uma gigantesca fonte de conhecimento científico em múltiplas áreas (e.g. ciências ambientais, gestão do conhecimento, inteligência artificial).

**Limitações da pesquisa:** O mapeamento sistemático, embora tenha se limitado apenas à base científica da Scopus, tratou de um grande volume de dados que permite ter um entendimento sólido e claro dos trabalhos relacionados.

**Originalidade/valor:** A originalidade, o ineditismo e a contribuição científica deste trabalho não limitam-se somente à aplicação de um mapeamento sistemático para análise de produções de cunho semântico. Sua aplicação no contexto da engenharia florestal permite observar um cenário de gap maximizado quando tratado no contexto amazônico. Busca-se, desta forma, evidenciar a carência de estudos na área de recursos semânticos no contexto amazônico e assim sendo, indicar trabalhos previamente analisados e selecionados que possam contribuir para novos estudos na área.

**Palavras-chave:** Mapeamento Sistemático. Ontologia. Florestal. Amazônia.



## SYSTEMATIC MAPPING OF ONTOLOGIES IN THE FOREST SCOPE

### Abstract

**Goal:** This paper aims to systematically map the works that address the formal representation of knowledge using ontology in the scope of forest engineering.

**Design / Methodology / Approach:** Systematic mapping used a proven methodological approach that is widely used in the scientific field, with the aim of mapping, finding, critically evaluating, consolidating and aggregating the results of relevant primary studies on ontologies in the forest scope. The systematic mapping study was applied to the area of forest engineering with relevance in topics such as Forest Management, Environmental Monitoring, Environmental Impact, Ecosystem and Biodiversity.

**Results:** The results produced by this work show a scarcity of ontologies and semantic-related applications in the botanical and forest context, which becomes more serious when considering the Amazon region. This situation contrasts with the magnitude of the Amazon rainforest which a huge source of knowledge to multiple scientific areas, such as environmental sciences, knowledge management, and artificial intelligence.

**Limitations of the research:** The systematic mapping was limited only to the Scopus scientific base. Nevertheless, the data gathered allows to have a solid and clear understanding of the related works.

**Originality / value:** Novelty, originality, and scientific contribution of this work are not limited to the application of a systematic mapping for the analysis of productions of a semantic nature. Its application area in the context of forestry engineering reveals a gap considering the Amazon region. In this way, this work aimed to highlight the lack of studies on semantic-related subjects in the Amazon area and, in this way, clearly identify works that can contribute to new studies in the area.

**Keywords:** Systematic Mapping. Ontology. Forest. Amazon.



## 1 Introdução

O acesso à informação, no contexto atual, apresenta duas características predominantes: sua explosão quantitativa (crescimento exponencial e facilidade de publicação de conteúdos por parte dos usuários) e a implosão do tempo para a sua comunicação (o limite humano de absorção de informações e interação é limitado). Segundo Le Coadic, *“a conjunção desses dois fenômenos levou ao aparecimento de fluxos [...] de informação muito elevados, isto é, a circulação de consideráveis quantidades de informação por unidade de tempo”* (LE COADIC, 2004).

O uso de referenciais semânticos (e.g. ontologias<sup>1</sup> e taxonomias de conceitos<sup>2</sup>) para representar conhecimento na web e em outros domínios, permitiu o desenvolvimento de novos mecanismos de buscas (e.g. buscas semânticas), inferências e análise em banco de dados e conteúdos complexos, mapas conceituais, além de viabilizar o uso de agentes inteligentes para buscar informação na Web de forma muito mais fidedigna e rápida (BITTENCOURT et al, 2008). Contudo, o desenvolvimento de um referencial semântico é um processo complexo, demorado, visto que se trata de um artefato da engenharia de software com vocabulário controlado, ferramentas e metodologias específicas que envolvem profissionais especialistas no domínio de conhecimento a ser aplicado e engenheiros do conhecimento (GUARINO, 1998).

Nesta perspectiva, o atual contexto tecnológico apresenta novos desafios aos processos de produção de conhecimento, o que permite expandir o alcance nos domínios de aplicação e potencializar as funcionalidades de um referencial semântico. Enfatiza-se que a representação formal de conhecimento com suas complexas estruturas de relações é o objetivo de um referencial semântico (LEGG, 2007). Desta forma, identificar os referenciais semânticos nas várias áreas do conhecimento permite avaliar a dimensão da lacuna científica, ausência de estruturas de conhecimento e fragilidade de informações disponível para acesso.

---

<sup>1</sup> Ontologia: é uma especificação de conhecimento consensual sobre um modelo abstrato de domínio, definida explicitamente em termos de conceitos, suas propriedades e relações por meio de axiomas, possibilitando, assim, que seja legível por máquinas (STUDER et al., 1998).

<sup>2</sup> Taxonomia de conceitos: representar conceitos através de termos, agilizar a comunicação entre especialistas e outros públicos; encontrar o consenso; propor formas de controle da diversidade de significação e oferecer um mapa de área que servirá como guia em processo de conhecimento (TERRA, 2000).



O presente artigo tem como objetivo mapear de forma sistemática os trabalhos que abordam a representação formal do conhecimento com utilização de ontologia na abrangência da engenharia florestal. Este trabalho é um esforço conjunto entre o grupo de pesquisa *Amazon Innovation Group (AMIGO)* da Universidade Federal do Oeste do Pará, juntamente com o grupo de pesquisa *Group for Research on Interoperability of Systems (GRIS)* integrado no Instituto para o Desenvolvimento de Novas Tecnologias (UNINOVA), sediado na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL), Portugal.

## 2 Motivação e caracterização do problema

A representação formal de conhecimento com suas complexas estruturas de relações é o objetivo de um referencial semântico (LEGG, 2007). No presente trabalho, o referencial semântico está relacionado ao desenvolvimento de tecnologias semânticas, dentre as quais destaca-se a ontologia. Na concepção de Breitman (2005), *“Ontologias são especificações formais e explícitas de conceitualizações compartilhadas; Ontologias são modelos conceituais que capturam e explicitam o vocabulário utilizado nas aplicações semânticas; Servem como base para garantir uma comunicação livre de ambiguidades”*.

As ontologias apoiam-se em um grupo de conceitos e suas interrelações no intuito de representar um domínio de conhecimento. Fornecem também uma descrição formal do conhecimento diferentemente da linguagem natural, amplamente utilizada nas pesquisas sintáticas onde a recuperação da informação é limitada a buscas por palavra-chave. Desta forma, as ontologias representam conhecimento que é interpretável por sistemas computacionais, o que requer o desenvolvimento de novas ferramentas que reconheçam a semântica dos termos. As relações semânticas que sustentam a representação do conhecimento, ao serem explicitadas, eliminam interpretações dúbias: dois conceitos podem se relacionar de formas diferentes, mas ao explicitar a relação pretendida, o conhecimento é transmitido (CAMPOS, 2009).

Neste trabalho, busca-se analisar ontologias no domínio de conhecimento da Botânica Florestal, propiciando uma análise da quantidade e da qualidade das produções científicas que abordam tecnologias semânticas envolvendo a complexidade do domínio como o vasto acervo da biodiversidade das espécies florestais existentes na floresta Amazônica.



A constante preocupação pela conservação da Biodiversidade tornou-se elemento integrante da consciência da comunidade internacional, motivada pela percepção de uma série de ameaças, como a destruição crescente e contínua da vegetação nativa, visando a implantação de culturas agropastoris ou a extração madeireira, sem a manutenção das áreas de reserva legal e proteção permanente. Problema igualmente sério é o desmatamento, com posterior abandono do solo, deixando-o descoberto, sujeito ao empobrecimento e à erosão.

A floresta Amazônica, detentora da maior diversidade biológica do planeta, tornou-se foco das atenções da opinião pública, uma vez que diversas espécies estão em extinção propiciando a diminuição dos recursos naturais em decorrência da degradação, em um ritmo sem precedente e colocando em risco o bem-estar da humanidade (BRADSHAW et al, 2009).

A fragmentação de informações disponíveis, assim como a grande variedade de fontes científicas e não científicas dificultam o entendimento do domínio de conhecimento como um todo e evidenciam a necessidade de integração de conhecimentos dispersos.

A busca por informações fidedignas no âmbito da botânica Florestal são agravadas pela escassez de botânicos taxonomistas que atuem na região, mais especificamente no processo de identificação botânica de espécies Amazônicas, atividade esta prevista no inventário florestal obrigatoriamente contida em todo sistema de manejo florestal. Tal situação leva à substituição do profissional por nativos conhecedores da floresta (mateiros), os quais adotam nome vernacular (i.e., popular ou não científico) na determinação das espécies.

A inexistência de um conceito que considere conhecimento, padrões e os atores intervenientes neste cenário motiva a condução deste trabalho. A ausência de um referencial semântico com uma base de conhecimento sólida no âmbito da botânica dificulta interagir ou mesmo imergir com áreas de conhecimentos distintos, em destaque a área da computação e tecnologia como um todo, permitindo novos cenários, possibilidades e desafios na botânica.

Neste contexto, identifica-se a importância do domínio da botânica Florestal nos mais diversos setores do conhecimento e, desta forma, vislumbra-se a necessidade de construção de conhecimento necessário para criar um referencial semântico na área.



### 3 Mapeamento sistemático da literatura – Ontologias florestais

Segundo Lakatos e Marconi (1983), uma pesquisa é um processo cognitivo que contém formalismo, regras e padrões a serem seguidos, e que utiliza um método científico<sup>3</sup> para condução e delineamento do percurso da pesquisa.

Em conformidade com o método científico tradicional adotado nesta pesquisa (figura 1), o mapeamento sistemático identifica as melhores fontes de conhecimento relacionadas com este trabalho, o que permite elaborar as questões que irão nortear as buscas científicas desta pesquisa, em estreita conexão com o objetivo do trabalho científico.

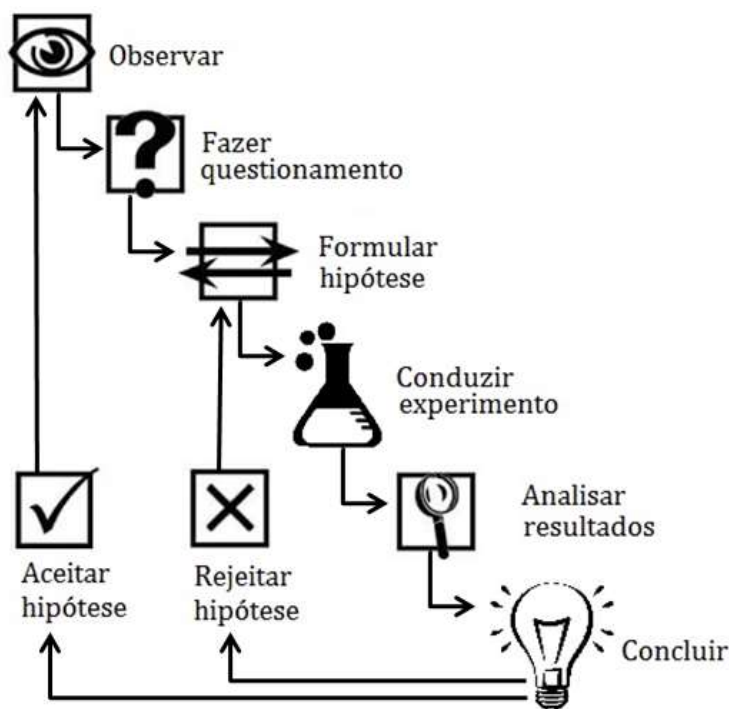


Figura 1 – Etapas do método científico. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

O método científico tradicional inicia com a observação de um fenômeno que mobiliza o interesse investigativo e, por conseguinte, questionamentos surgem acompanhados por afirmativas de cunho dedutivo representadas por hipóteses.

<sup>3</sup> Para Gil (2006), o método científico é um arcabouço de procedimentos, técnicas e atividades sistemáticas e racionais para atingir de forma efetiva o objetivo da pesquisa: a produção do conhecimento, ampliando reflexos e pressupostos para novas pesquisas.





Experimentos são conduzidos para testar repetidamente em diversas condições as hipóteses formuladas. Após a análise dos resultados, pode-se concluir sobre a aceitação da hipótese ou rejeição para posterior aprimoramento ou reformulação.

### 3.1 Delimitação de escopo - mapeamento sistemático

Em todas as áreas científicas, a produção acelerada de conhecimento aporta a inerente dificuldade de acompanhar tudo o que tem sido produzido e publicado, mesmo para os pesquisadores de uma área específica. Nesse sentido, Saunders, Lewis e Thornhill (2012) propõem que todo projeto de pesquisa considere como um de seus passos a realização de uma revisão sistemática da literatura. Kirca e Yaprac (2010 apud SEURING; GOLD, 2012) reforçam que a revisão sistemática da literatura é crucial para que se possa obter as informações desejadas em um crescente volume de resultados publicados, algumas vezes similares e complementares, outras, contraditórios. Este é o natural avançar da ciência.

Segunda Paxiúba (2019), revisões sistemáticas da literatura são estudos secundários utilizados para mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de estudos primários relevantes acerca de uma questão ou tópico de pesquisa específico, bem como identificar lacunas a serem preenchidas. Neste sentido Paixúba (2019) descreve métodos para elaboração de revisões sistemáticas que preveem uma sequência de passos utilizados neste trabalho, conforme apresentado na Figura 2.

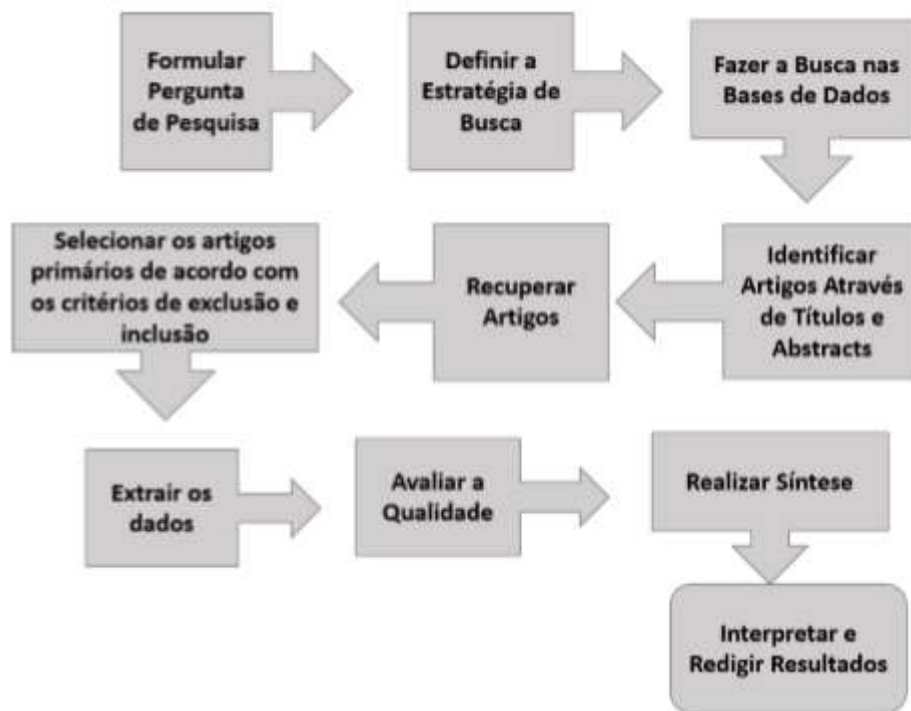


Figura 2 – Fluxo do Mapeamento Sistemático. Fonte: (PAXIÚBA, 2019).

### 3.2 Fluxo do mapeamento sistemático

Seguindo o fluxo apresentado na Figura 2, o primeiro passo do mapeamento sistemático é formular uma pergunta para nortear a pesquisa, juntamente integrada à fase de questionamentos do método científico tradicional apresentado na figura 1. Deste modo a integração do mapeamento sistemático com o método científico tradicional inicia com a definição uma questão principal, seguido por outras duas perguntas que auxiliam no processo de condução da revisão sistemática deste trabalho.

Q1. Questão Principal: Quais são as representações formais de conhecimento existentes no âmbito da engenharia florestal?

Questões secundárias:

Q1.1. Como representar o conhecimento de forma estruturada?

Q1.2. Quais as diretrizes de conhecimento da engenharia florestal?

Desta forma antes de elaborar a frase completa de busca, foi realizada uma revisão *ad hoc* da literatura usando termos identificados a partir do conhecimento primário dos autores deste trabalho. Esta revisão preliminar mostrou um grande volume de trabalhos científicos que apontaram uma “Ontologia” como resposta à Q1.1, como



representação formal e estruturada adotada então neste trabalho. Quanto à Q1.2, como foram escolhidos termos no âmbito da engenharia florestal para formular e conduzir a busca sistemática, optou-se por Manejo Florestal, Monitoramento Ambiental, Impacto Ambiental, Ecossistema e Biodiversidade.

A partir das delimitações apresentadas nas respostas das questões secundárias deste trabalho aplicou-se uma frase de busca, e assim foi escolhido um conjunto de artigos de controle para o mapeamento sistemático, contendo trabalhos cujas propostas utilizassem a ontologia como técnica para formalizar o conhecimento e aplicado no contexto dos seguintes termos: Manejo Florestal, Monitoramento Ambiental, Impacto Ambiental, Ecossistema e Biodiversidade. Nesta primeira busca *ad hoc* foram encontrados 58 artigos (Figura 3).

1,434 document results

TITLE-ABS-KEY ("ontology" AND "Forest Management" OR "Environmental Monitoring" OR "Environmental Impact" OR "Ecosystem" OR "Biodiversity")

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (520812)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Date (newest)

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Parental exposure to bisphenol A affects pharyngeal cartilage development and causes global transcriptomic changes in zebrafish ( <i>Danio rerio</i> ) offspring	Huang, W., Zheng, S., Xiao, J., [...], Du, T., Wu, K.	2020	Chemosphere 249,126537	0

Figura 3 – Resultado da *String* de busca. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

A *string* inicial de busca foi executada em jan/2020 nas bases de dados Scopus, retornando 1.434 artigos (Figura 3), levando em consideração todos os termos, sem restrição de datas e sub-área. Quando limitado a sub-área de computação (como mostrado na Figura 4) o número cai para 759 artigos.



759 document results

TITLE-ABS-KEY ("ontology" AND "Forest Management" OR "Environmental Monitoring" OR "Environmental Impact" OR "Ecosystem" OR "Biodiversity") AND (LIMIT-TO (SUBAREA, "COMP"))

Search Sources Lists SciVal

Create account Sign in

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (526812)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Date (newest)

	Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1	MEMOn: Modular Environmental Monitoring Ontology to link heterogeneous Earth observed data	Masmoudi, M., Karray, M.H., Ben Abdallah Ben Lamine, S., Zghal, H.B., Archimede, B.	2020	Environmental Modelling and Software 124,104581	0

Figura 4 – Resultado da *String* de busca com limitação de sub-área. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Após a remoção dos artigos duplicados, os artigos restantes foram avaliados conforme critérios de inclusão, aplicados pelos autores durante a leitura de título e resumo de cada artigo. Seguiu-se então a etapa de leitura completa dos artigos que passaram pelos critérios na etapa anterior e a leitura dos artigos em reavaliação. Durante esta etapa, cada artigo foi novamente avaliado em relação aos critérios de inclusão. Os critérios utilizados nas duas etapas foram os seguintes:

- Critérios de Inclusão: abordar ontologia para formalizar conhecimento no âmbito da engenharia florestal;
- Critérios de Exclusão: o artigo não está escrito em um dos três idiomas de interesse (inglês, espanhol e português) OU o artigo não está disponível OU o artigo não utiliza ontologia como formalismo de conhecimento OU o artigo não aborda o contexto da engenharia florestal OU o artigo não é artigo completo (pôster ou *short paper* com menos de quatro páginas). Após a aplicação dos critérios foram selecionados uma amostra de 13 (treze) artigos com maior relevância sobre o tema composto nesta pesquisa.

Para sistematizar a análise dos artigos selecionados, nesta fase de pós-coleta optou-se pela execução de estratégia baseada em análise temática, que é um método



de análise qualitativa para identificação, análise e relato de padrões existentes em um conjunto de dados (BRAUN; CLARKE, 2012), (CRUZES; DYBA, 2010). As etapas do procedimento de análise, listadas a seguir, foram definidas com base nas etapas descritas para análise temática em (BRAUN; CLARKE, 2012) e síntese temática em (CRUZES; DYBA, 2010), sem executar as atividades de síntese devido a característica abrangente do mapeamento sistemático executado.

Na etapa de imersão aconteceu a leitura e a releitura dos artigos com objetivo de se “familiarizar” com os dados (BRAUN; CLARKE, 2012). Na primeira leitura completa dos artigos ainda durante a etapa de seleção, foi realizada a extração dos dados e obteve-se uma percepção inicial de quais eram os aspectos considerados pelos diferentes pesquisadores da área. Os dados extraídos foram revisados e analisados detalhadamente, sendo muitas vezes necessário retornar aos artigos originais para avaliar se as diferenças de detalhamento aconteceram por motivos de omissão de informação nos artigos ou por falha de percepção do pesquisador durante a leitura, especialmente entre artigos que pareciam tratar de aspectos similares de problemas (PAIXÚBA, 2019).

Na etapa de codificação foram identificadas informações potencialmente relevantes para as perguntas de pesquisa, como por exemplo, conceitos, resultados e observações dos pesquisadores, conforme as categorias definidas na etapa anterior. Os segmentos foram assinalados com códigos de texto definidos para sumarizar a informação, fazendo uso dos termos utilizados em cada artigo para que fossem semanticamente próximos à essência da informação (PAIXÚBA, 2019).

Posterior a fase de codificação, iniciou-se a fase de definição de temas, na qual os códigos gerados para cada categoria foram então analisados para identificação de temas que expressassem padrões existentes nos dados e que fossem significativos para as perguntas da pesquisa (PAIXÚBA, 2019).

Os temas definidos na etapa anterior foram revisados, iniciando-se pela releitura dos códigos dos temas e seus segmentos de texto relacionados, para posterior análise, enquadramento e padronização do tema. Em seguida, revisou-se a coerência entre as hierarquias de temas para os casos em que foram criados subtemas, tanto em relação ao nível de abstração dos temas/subtemas quanto a possíveis sobreposições entre temas de mesmo nível. É importante frisar que nessa etapa o foco não é manter os temas, mas sim garantir que os temas selecionados de fato sejam referentes aos padrões dos dados dos artigos e possibilitem analisar o conjunto de artigos em um nível



de abstração adequado para os objetivos de pesquisa (BRAUN; CLARKE, 2012). Por isso, durante a revisão alguns temas foram considerados inadequados e revisados, outros descartados, tornando necessário voltar algumas vezes à etapa anterior.

#### **4 Análise e discussão – Mapeamento sistemático**

Uma ontologia de domínio é um modelo conceitual que deve satisfazer o requisito adicional de servir como uma representação de consenso (ou modelo de referência) de conhecimento compartilhado por uma determinada comunidade. Portanto, se uma ontologia de domínio é, antes de qualquer coisa, um modelo conceitual, uma linguagem adequada para representação de ontologias de domínio deve satisfazer os requisitos gerais para modelagem conceitual.

Ontologias aplicadas ao cenário ambiental situado como domínio amplo e complexo tornam-se mais representativas quando utilizadas como base para Sistemas Especialistas (SE) de gestão, controle, monitoramento e fiscalização. Tal constatação baseia-se na observação dos numerosos e relevantes trabalhos relacionados a esta pesquisa, mostrados no Quadro 1. A descrição dos trabalhos correlatos segue a organização apresentada no Quadro 1 que divide os trabalhos por área de aplicação, nomeadamente Manejo Florestal, Monitoramento e Impacto Ambiental, e Ecossistema e Biodiversidade. Destaca-se que estes artigos são algumas amostras do mapeamento sistemático, levando em consideração o contexto local e a relevância da aplicação na área.



Quadro 1 – Mapeamento das ontologias florestais.

Autor	Manejo Florestal e Ambiente	Monitoramento e Impacto Ambiental	Ecosistema e Biodiversidade
(GU et al, 2004)	X		
(RENNOLLS, 2005)	X		
(SILVA, 2009)	X		
(QUINELATO, MORI; ROSI, 2008)	X		
(SOUZA, 2014)	X		
(MONTEIRO, 2006)		X	
(KAUPPINEN; ESPINDOLA, 2011)		X	
(BRANCO, 2013)		X	
(FORTES et al, 2008)		X	
(KALABOKIDIS, 2011)		X	
(SILVA, 2014)			X
(CAMPOS DOS SANTOS et al, 2011)			X
(MIYAZAKI, 2011)			X

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

#### 4.1 Manejo florestal e ambiental

A extensa diversidade biológica da Amazônia e a vasta quantidade de espécies florestais existentes dificulta a árdua tarefa de identificação das plantas pelos técnicos que atuam no manejo florestal. Outra dificuldade é a abundância de nomes vernaculares e a variação destes nomes de região para região.

A solução para os problemas que ocorrem no manejo florestal é incorporar ao projeto de manejo florestal um caráter científico. Neste sentido, trabalhos como o de Rennolls (2005) propõem uma ontologia no campo do plano de manejo florestal, mais especificamente na mensuração e inventário florestal, que visa integrar sistemas que atuam na área a fim de criar um padrão de modelo florestal.



Outro trabalho, proposto por Gu e colaboradores (2004), desenvolve uma ontologia de domínio específico para área de botânica, a qual contém uma estrutura ontológica multiperspectiva da botânica, a fim de organizar os conceitos botânicos e representar as diferentes necessidades dos usuários. Esta ontologia apresenta um conjunto de axiomas bem definidos, que são usados para verificação e raciocínio a partir do conhecimento adquirido, analisados neste trabalho pelos quesitos consistência, integridade e redundância.

Qualquer violação de axiomas ontológicos é um pedaço de evidência de inconsistência na base de conhecimento. A análise de redundância para a base botânica conhecimento é também baseada em ontologias. Não há necessidade de manter os pedaços de conhecimento que podem ser derivados de outros conhecimentos e axiomas ontológicos (GU et al, 2004).

#### 4.2 Monitoramento e impacto ambiental

Segundo o Artigo 1º da Resolução n.º 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Impacto Ambiental é "qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias ambientais; e a qualidade dos recursos ambientais" (CONAMA, 1986).

Por sua vez, o monitoramento ambiental permite ainda, compreender melhor a relação entre ações do homem e o meio ambiente, bem como o resultado da atuação das instituições por meio de planos, programas, projetos, instrumentos legais e financeiros, capazes de manter as condições ideais dos recursos naturais (equilíbrio ecológico) ou recuperar áreas e sistemas específicos (RAMOS; LUCHIARI, 2016). Neste sentido, são apresentados a seguir alguns trabalhos científicos aplicados ao âmbito do monitoramento e impacto ambiental que integram GC para fins de melhorias do cenário ambiental, e conseqüentemente estão relacionados a esta pesquisa.

Monteiro (2006) desenvolve a Ontologia Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para fomentar a disseminação dos conceitos do domínio ACV, propondo assim uma ferramenta de gestão ambiental. No trabalho de Kauppinen e Espindola (2011) foi proposta a ontologia *Pluto* para integrar semanticamente e orientar o processo de





raciocínio sobre os conjuntos de dados relacionados ao desmatamento e à trajetória de mudança de uso de terra na Amazônia brasileira.

Branco (2013) propõe uma ontologia para suporte ao levantamento e à avaliação de ocorrências de impactos ambientais, integrado ao sistema de gestão ambiental (conforme a NBR ISO 14001:2004) aplicado ao desenvolvimento urbano, mais especificamente a empreendimentos de engenharia, a citar edificações e construções urbanas.

### 4.3 Ecossistema e biodiversidade

Dados científicos, de maneira geral, encontram-se geralmente dispersos em diferentes fontes, alguns de fácil acesso via *Web* (e.g. periódicos e livros científicos, relatórios técnico-científicos, dissertações e teses), e outras de difícil localização e acesso (e.g. arquivos, pastas e cadernos de campo). Algumas dificuldades de acesso devem-se também à falta de uma política para gestão destes dados e do potencial conhecimento por eles propiciado. É visível a crescente demanda por estes dados em diversas aplicações consideradas importantes, como a avaliação de impacto ambiental, definição de áreas de preservação ambiental, proteção de espécies ameaçadas, recuperação de áreas degradadas, bioprospecção, estabelecimento de políticas públicas, legislação ambiental, entre outras (CAMPOS DOS SANTOS et al, 2011).

Os dados e o conhecimento científico sobre a biodiversidade exercem um importante papel no atendimento às demandas deste tipo, pois acumulam investimentos de anos em exploração e pesquisa. No entanto, tornar isso cada vez mais acessível ao público de forma adequada, rápida e confiável, demanda o desenvolvimento de sistemas de informação capazes de extrair, armazenar, gerenciar, analisar, integrar e disseminar os diferentes dados das diversas fontes de dados de biodiversidade (CAMPOS DOS SANTOS, BY; MAGALHÃES, 2000) (UMMINGER; YOUNG, 1997).

Neste contexto, os trabalhos científicos situados no âmbito de Ecossistemas e Biodiversidade correlatos a esta pesquisa aplicam GC, utilizando ontologia, para estruturar o conhecimento angariado por especialistas, como se pode observar em:



- Silva (2014): desenvolve uma ontologia funcional FOBiOS para prover a interoperabilidade entre os padrões ABCD e Darwin Core<sup>4</sup>. A ontologia desenvolvida está disponível para uso por serviços de tradução e mapeamento dos dados descritos nesses dois padrões.

- Campos dos Santos e colaboradores (2011): baseado em estudos de casos do INPA, propõem aplicar tecnologias da Web Semântica, como metadados, modelos e ontologias, aos problemas de interoperabilidades de dados e sistemas sobre a biosfera e atmosfera da Amazônia.

Miyazaki (2011): propõe uma ontologia de coleções biológicas, fornecendo uma única estrutura unificada para o conhecimento da biodiversidade, com intuito de melhorar a agregação e integração de dados em todo o domínio da biodiversidade, que se estendem por genética do organismo, e os níveis de organização dos ecossistemas. O autor argumenta que, se adotada como um padrão e rigorosamente aplicada e enriquecida pela comunidade biodiversidade, esta ontologia reduziria significativamente as barreiras à descoberta de dados, integração e intercâmbio entre os recursos da biodiversidade e pesquisadores.

#### 4.4 Tecnologias associadas

Elementos tecnológicos permeiam todas as atividades científicas e com esta área não é diferente. Várias tecnologias são encontradas com relativa frequência nos trabalhos correlatos, apresentadas no Quadro 2. É visível também os casos onde várias tecnologias estão presentes no mesmo trabalho, o que sugere alguma forma de integração ou colaboração entre elas.

Silva (2009) integra ontologia à mineração de dados no desenvolvimento do sistema de gestão e monitoramento da biodiversidade da flora brasileira, no intuito de facilitar o manuseio dos dados taxonômicos das espécies botânicas, tendo em vista que novas espécies de plantas são descobertas, necessitando de identificação e as constantes atualizações dos nomes por especialistas. Tal sistema visa definir uma metodologia para gerenciar e partilhar o conhecimento destes pesquisadores. Desta

---

<sup>4</sup> Padrões ABCD e Darwin Core: os padrões de dados definidos por estes grupos abrangem esquemas de dados e protocolos de transferência de dados. São dois os padrões mais utilizados para coleções de dados primários: Access to Biological Collections Data (ABCD) e Darwin Core (DwC) (SILVA, 2014).



forma foi realizado um estudo do uso das tecnologias de colaboração, ontologias e mineração de dados possibilitando a GC na conservação da flora brasileira.

O trabalho de Quinelato, Mori e Rosi (2008) propõe o OntoSIGF, uma integração entre SIG e ontologia aplicada à área florestal, onde a ontologia tem como papel registrar e organizar o conhecimento do domínio geográfico de uma empresa que trabalha com manejo de áreas florestais, através da descrição de seus conceitos, relações e demais características, elaborando um processo de busca e geração de mapas da cartografia baseado na ontologia proposta.

Souza (2014) apresenta a integração de ontologias, formando assim uma rede ontológica que servirá como base para a publicação e ligação de dados sobre madeira, comunidades e plantas do bioma cerrado brasileiro, obtidos a partir de estudos científicos, dados meteorológicos, ambientais e informação geográfica (mapas). Foram utilizadas as bases de conhecimento “Dados Cube”, “Meteorologia” e “GeoSPARQL”, como partes integrantes da infra-estrutura ontológica.

Quadro 2 – Mapeamento de tecnologias associadas.

Autor	Ontologia	SIG	Mineração de dados	Sistemas Multiagentes
(GU et al., 2004)	X			
(RENNOLLS, 2005)	X			
(SILVA, 2009)	X		X	
(QUINELATO, MORI; ROSI, 2008)	X	X		
(SOUZA, 2014)	X	X		
(MONTEIRO, 2006)	X			
(KAUPPINEN; ESPINDOLA, 2011)	X			
(BRANCO, 2013)	X			
(FORTES et al, 2008)	X			X
(KALABOKIDIS, 2011)	X	X		
(SILVA, 2014)	X			
(CAMPOS DOS SANTOS et al, 2011)	X			
(MIYAZAKI, 2011)	X			

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).



A integração da ontologia com os Sistemas Multiagentes no trabalho de Fortes e colaboradores (2008) apresenta um suporte para o monitoramento do complexo portuário da ilha de São Luís (MA). O estudo trata do suporte de agentes inteligentes no processo de análise bioquímica da atividade das enzimas de destoxificação e de outras enzimas de ação antioxidante. No término do estudo se evidenciaram anomalias no comprometimento natatório de algumas espécies de peixes da região portuária proveniente de ingestão de toxinas, acarretando um desequilíbrio aquático.

Por sua vez, Kalabokidis (2011) desenvolve o sistema OntoFire, um geo-portal sobre incêndios florestais, baseado em ontologia. A abordagem proposta visa melhorar a descoberta de informações valiosas, que são necessárias para definir prioridades e estratégias de mitigação de desastres e prevenção.

## 5 Considerações finais

A revisão sistemática realizada neste trabalho ajuda a identificar os requisitos necessário para a construção de um referencial teórico consistente, partindo do levantamento dos trabalhos relacionados a ontologias aplicada ao contexto da engenharia florestal.

Observa-se neste estudo a escassez de ontologias e aplicações de representação e tratamento semântico nos estudos sobre o contexto amazônico, mais especificamente no contexto botânico e florestal, o que contrasta com a magnitude da floresta Amazônica, detentora da maior diversidade biológica do planeta, que continuamente é foco das atenções da opinião pública, uma vez que diversas espécies estão em extinção propiciando a diminuição dos recursos naturais em decorrência da degradação, em um ritmo sem precedente, o que coloca em risco o bem-estar da humanidade (BRADSHAW et al, 2009).

Outro ponto observado no mapeamento sistemático é a fragmentação de informações disponíveis na Web, assim como a grande variedade de fontes de científicas e não científicas dificulta o entendimento do domínio de conhecimento como um todo e evidencia a necessidade de integração de conhecimentos dispersos.

Identificou-se neste trabalho a ausência de um referencial semântico com uma base de conhecimento sólida no âmbito da botânica da Amazônia, o que dificulta a interação e a colaboração com áreas distintas de conhecimento, com especial destaque



para a área da computação (e da tecnologia de maneira geral), permitindo novos cenários, possibilidades e desafios na botânica amazônica.

Os potenciais trabalhos futuros englobam suprir a lacuna científica identificada neste trabalho com a proposta de um referencial semântico que apoie o processo de identificação botânica de espécies amazônicas. Posteriormente aponta-se para a criação de um observatório semântico aberto, no domínio da botânica Amazônica.

## 6 Referências bibliográficas

BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S.; COSTA, E.; MIZOGUCHI, R. Research Directions on Semantic Web and Education. **Journal Scientia**, v. 19, n. 1, p. 59-66, 2008.

BRADSHAW, C. J. A.; SODHI, N. S.; BROOK, B. W. Tropical turmoil: a biodiversity tragedy in progress. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 2, p. 79–87, 2009.

BRANCO, R.R. **Ontologias para levantamento e avaliação de aspectos e impactos ambientais oriundos de empreendimentos de Engenharia: proposição de um modelo conceitual**. 2013. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, RJ.

BRAUN, V.; CLARKE, V. **APA Handbook of Research Methods in Psychology**. Research Designs. 2012.

BREITMAN, K. **Web Semântica: a Internet do futuro**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

CAMPOS DOS SANTOS, J.L.; BY, R. A.; MAGALHÃES, C. A Case Study of INPA's Bio-DB and an Approach to Provide an Open Analytical Database Environment. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 33, n. B4, p. 155-163, 2000.

CAMPOS DOS SANTOS, J.L.; MAGALHÃES NETTO, J F., CASTRO, A. N.; ALBUQUERQUE A. C. F.; FERNEDA, E.; ALONSO, L.; ROCHA, R. L. C.; MENDONÇA, D.T. Ontologias para Interoperabilidade de Modelos e Sistemas de Informação de



Biodiversidade. In: **Proceedings...** Iberoamerican Meeting of Ontological Research collocated CITA 2011. Aachen: CEURWS.org. v.728. Gramado. 2011.

CAMPOS, J. A. G. **Análise conceitual sobre as relações semânticas em ciência da informação: contribuições para o desenvolvimento de ontologias.** 2009. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

CONAMA, BRASIL, República Federativa. **Resolução CONAMA nº 001**, de 23 de janeiro de 1986.

CRUZES, Daniela S.; DYBÅ, Tore. Synthesizing evidence in software engineering research. In: **Proceedings of the 2010 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement.** 2010. p. 1-10.

FORTES, L. F.; LABIDI S.; CARVALHO, R. F. Projeto e construção de bio-ontologia para suporte a sistema multiagente de monitoramento ambiental do complexo portuário da ilha de São Luís do Maranhão. **Revista Científica – Caderno de Pesquisa.** 2008.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GU, Fang et al. Domain-specific ontology of botany. **Journal of Computer Science and Technology**, v. 19, n. 2, p. 238-248, 2004.

GUARINO, Nicola (Ed.). Formal ontology in information systems. In: **Proceedings of the first international conference (FOIS'98)**, June 6-8, Trento, Italy. IOS press, 1998.

KALABOKIDIS, K.; ATHANASIS, N.; VAITIS, M. OntoFire: an ontology-based geo-portal for wildfires. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 11, n. 12, p. 3157, 2011.

KAUPPINEN, Tomi; DE ESPINDOLA, Giovana Mira. Ontology-Based Modeling of Land Change Trajectories in the Brazilian Amazon. In: **Geoinformatik.** 2011. p. 173-178.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 1983.



LEGG, C. Ontologies on the Semantic Web. **Annual Review of Information Science and Technology**, p. 407-451, 2007.

LE COADIC, Y. F. **A ciência da informação**. Brasília, DF, Briquet de Lemos. 2004.

MIYAZAKI, F.A. **Uma abordagem baseada em ontologias e conectores para a integração semântica de ferramentas de análise de expressão gênica**. 2011. Dissertação (Programa de Interunidades em Bioinformática) – Universidade de São Paulo (USP).

MONTEIRO, F. S. **Modelagem conceitual: a construção de uma ontologia sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para fomentar a disseminação de seus conceitos**. 2006. Monografia (Bacharelado em Biblioteconomia) - *Universidade de Brasília (UNB)*.

PAXIÚBA, C. M. C. **Um modelo conceitual para trabalhar emoções e aprendizagem utilizando expressões faciais**. 2019. Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Oeste do Pará.

QUINELATO, B.T.; MORI, D.J.; ROSI, R.M. OntoSIGF – a geographic information system based on ontologies applied to forestry. *Ambiência*. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 4 - Edição Especial, p. 161-170, 2008.

RAMOS, N. P.; LUCHIARI A. **AGEITEC-Agência Embrapa de Informação Tecnológica; Árvore do Conhecimento: Monitoramento Ambiental**; Acesso: 2016 Fonte: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_73\\_71120](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_71120)

RENNOLLS, K. A Partial Ontology for Forest Inventory and Mensuration. In: 2nd International Workshop on Forest and Environmental Information and Decision Support Systems, FEIDSS'05 in the DEXA'05 **Workshops**, p. 679-683. IEEE Computer Society Press. ISBN 0-7695-2424-9. web-ref, 2005.



SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research methods for business students**. 6. ed. London: Pearson Education Limited, 2012.

SEURING, S.; GOLD, S. Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 5, p. 544-555, 2012.

SILVA, L.A.E.; SAMPAIO, J.O.; DALCIN, D.; ZIMBRÃO, G.; SOUZA, J.M. **Gestão do Conhecimento Taxonômico Aplicado na Conservação da Flora Brasileira**. Acesso: 2009. Fonte: [http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/e-science/2010/67361\\_1.pdf](http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/e-science/2010/67361_1.pdf)

SILVA, S. S. **Uma ontologia para interoperabilidade entre padrões de descrição de dados em biodiversidade ABCD e Darwin Core**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do ABC.

SOUZA, A.; CORCHO, O.; VILCHES-BLÁZQUEZ, L.; SALLES, P. Brazilian Cerrado: a case study of linked geographical and statistical data applied to Ecology. **Semantic Web Journal - SWJ**, 2014.

STUDER, R.; BENJAMINS, V. R.; FENSEL, D. Knowledge Engineering: Principles and Methods. **Data and Knowledge Engineering, IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering**, v. 25, n. 1-2, p. 161-197, 1998.

TERRA, J. C. C. **Gestão do Conhecimento: o grande desafio empresarial**. São Paulo: Negócio Editora, 2000.

UMMINGER, B.; YOUNG, S. Information Management for Biodiversity: a Proposed U.S. National Biodiversity Information Center. In: Reaka-Kudla, M.L.; Wilson, D.E. & Wilson, E.O. (eds.). **Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources**. Washington, D.C., Joseph Henry Press. p. 491-504, 1997.