

PROPOSTA DE UMA APLICAÇÃO WEB PARA AUXILIAR O MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA

MICHAEL SANTOS DE OLIVEIRA¹, BRUNO MERLIN¹, HELENO FÜLBER¹, JOSE FRANCISCO PEREIRA².

1. *Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará*
Rodovia BR-422, Km 13, Tucuruí – Pará – Brasil, 68464-000
E-mails: michaeloliveira@gmail.com, brunomerlin@ufpa.br, fulber@gmail.com

2. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA AMAPÁ*
Rod. Josmar Chaves Pinto, Km 5 - nº 2.600 - Universidade, Macapá - AP- Brasil, 68903-419
E-mail: jose-francisco.pereira@embrapa.br

Resumo – Este artigo apresenta a proposta de uma aplicação web para auxiliar o manejo florestal sustentável, atendendo as principais etapas que envolvem este processo, tais como: coleta de dados florestais - funcionalidade que permitiu a coleta de dados florestais diretamente na aplicação, incluindo informações sobre espécies, altura, diâmetro à altura do peito (dap), qualidade do fuste, entre outras; conformidade legal - buscou atender aos requisitos da legislação brasileira vigente sobre manejo florestal sustentável através da definição de critérios estabelecidos pelo próprio usuário; integração de recursos externos - permitiu a integração de recursos de georreferenciamento e sistema de informações geográficas (SIG) para garantir a precisão e confiabilidade dos dados; colaboração e compartilhamento de informações - permitiu o compartilhamento de informações entre os diversos envolvidos no manejo florestal sustentável.

Palavras-chave – Aplicação Web, Manejo Florestal Sustentável.

Abstract – This article presents the proposal for a web application to assist sustainable forest management, taking into account the main steps involved in this process, such as: collection of forest data - functionality that allowed the collection of forest data directly in the application, including information about species, height, diameter at breast height (dbh), quality of the shaft, among others; legal compliance - sought to meet the requirements of current Brazilian legislation on sustainable forest management through the definition of criteria established by the user; integration of external resources - allowed the integration of georeferencing and geographic information system (GIS) resources to ensure data accuracy and reliability; collaboration and information sharing - allowed the sharing of information between the various parties involved in sustainable forest management.

Keywords – Web Application, Sustainable Forest Management.

1 Introdução

Quando se analisa o cenário florestal e de recursos naturais, até meados dos anos 1960, esses recursos eram usados de forma intensiva e sem a devida atenção aos aspectos ecológicos ou de sustentabilidade (May et al., 2016). Havia disponibilidade de florestas em abundância e um mercado sem rigor em relação às quantidades comercializadas. Da mesma forma, não havia preocupações sobre a sustentabilidade dos plantios e/ou florestas nativas. À medida que a escassez de madeira começou a crescer, os preços se elevaram e a relação entre o vendedor e o consumidor passou a exigir maior rigor no dimensionamento dos produtos.

Com a escassez desses recursos e redução da biodiversidade, o melhoramento dos procedimentos de quantificação e avaliação dos produtos florestais tornou-se chave para o sucesso dos negócios e manutenção sustentável de florestas. Assim, as florestas passaram a ser consideradas capazes de oferecer rendimentos permanentes, desde que sua produção não comprometesse o equilíbrio entre o estoque em crescimento e o volume comercialmente aproveitável (Scolforo et al., 1998).

Visando uma produção constante e sustentável, sem que haja o esgotamento dos recursos florestais, o Governo Federal regulamentou o manejo florestal sustentável pela Lei nº 11.284, de março de 2006, que trata da gestão de florestas públicas para a produção

sustentável e cria o Serviço Florestal Brasileiro (Brasil, 2006).

1.1 Contextualização e Problema de Pesquisa

Atualmente, diante das novas exigências, e também graças à maior disponibilidade de tecnologias digitais, as empresas e autarquias vinculadas ao manejo florestal tentam adaptar os seus modelos operacionais e administrativos. As entidades podem também capitalizar nas informações coletadas que podem inferir nos processos de decisão e planejamento, dando mais ênfase ao desenvolvimento sustentável.

Segundo Braga (2019), a maioria dos softwares existentes no manejo florestal são proprietários. Isto faz com que o código fonte seja restrito e não ofereça a liberdade para implementação de recursos conforme necessidade do usuário, impossibilitando o atendimento das demandas específicas de cada região, bem como atrela o uso a licenças de uso, que podem chegar a milhares de reais. Esta característica faz com que uma parcela dos profissionais autônomos, das instituições e autarquias públicas, dos organismos não governamentais, das agências de extensão, associações e sindicatos, alunos de graduação e pós-graduação, dentre outros, não tenham acesso a sistemas de apoio à decisão. Usualmente, estes usuários acabam recorrendo a planilhas eletrônicas (Braga, 2019).

1.2 Motivação e Justificativa

O manejo florestal busca garantir a sustentabilidade de novas colheitas de produtos de origem florestal, tendo como princípio básico o rendimento sustentável, sua regeneração natural e permitindo a conservação da floresta. Assim, a colheita em florestas nativas deve considerar o conceito de sustentabilidade, como forma de garantir a realização de novos ciclos de corte, que corresponde ao tempo que a floresta leva para recompor o nível de estoque de colheita nas áreas sob manejo florestal (Martins et al., 2003).

No meio florestal, é de grande importância explorar novas técnicas. Muitos cálculos realizados principalmente na mensuração e inventário florestal são feitos com técnicas tradicionais (como por exemplo, regressão linear para ajuste de modelos), porém existem diversas ferramentas da ciência da computação utilizadas em outras áreas do conhecimento e produzindo bons resultados que poderiam ser incorporadas pela ciência florestal. Como exemplo, pode-se citar RNA - Redes Neurais Artificiais, Data Mining, dentre outras (Wojciechowski, 2015).

Com a crescente globalização e disseminação ampla da informação por meio da internet, é de grande importância que os estudos, pesquisas e trabalhos realizados sejam difundidos e mostrados de maneira rápida e dinâmica (Wojciechowski, 2015). Neste sentido, a produção de softwares que estejam disponíveis na web produz uma maior agilidade na divulgação de informações, fazendo com que os resultados obtidos

sejam compartilhados instantaneamente com outros especialistas.

A Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que estabelece as normas gerais para exploração florestal, define o manejo florestal como “a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema, objeto do manejo e considerando, cumulativa ou alternadamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais” (Brasil, 2012).

Para garantir a sustentabilidade das florestas e os critérios estabelecidos na lei que rege o manejo florestal, é importante que sejam criados mecanismos que permitam a integração de informações, processos e ferramentas que auxiliem na gestão sustentável das florestas. Isso inclui o monitoramento em tempo real, o planejamento adequado da colheita e o suporte à tomada de decisão baseada em dados coletados e atualizados.

1.3 Objetivos

- Desenvolver uma aplicação web que permita a importação dos dados florestais coletados em campo.
- Incorporar recursos de análise e processamento de dados à aplicação.
- Promover a colaboração e o compartilhamento de informações entre os diferentes envolvidos no manejo florestal sustentável.
- Permitir a classificação de espécies selecionadas para corte com base nos critérios estabelecidos pelo usuário.

2 Materiais e Métodos de Pesquisa

2.1 Método utilizado para o desenvolvimento da aplicação

O método adotado para o desenvolvimento do protótipo do sistema web (PSW) baseou-se no modelo incremental, presente na Engenharia de Software. O desenvolvimento do PSW foi realizado levando em consideração a redução da sobrecarga cognitiva do usuário, que ocorre quando a capacidade do cérebro para processar informações é excedida (Tarouco, 2006). O desenvolvimento incremental é baseado na ideia de desenvolver uma implementação inicial, expô-la aos comentários dos usuários e continuar por meio da criação de várias versões até que um sistema adequado seja desenvolvido, conforme ilustra o diagrama da Figura 1 (Summerville, I. 2011).

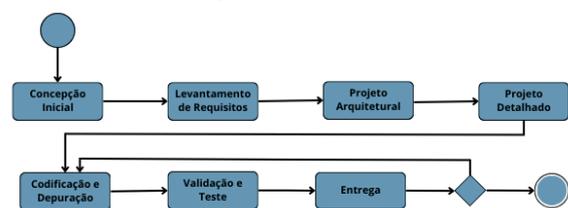


Figura 1. Diagrama do Modelo Iterativo e Incremental

Na primeira etapa, Concepção Inicial, foi definida a visão geral do sistema, a qual consiste em um documento em formato livre, em que foram descritos os aspectos relevantes do sistema. O Levantamento de Requisitos foi realizado para identificar as necessidades do sistema, ou seja, quais funções o sistema deveria executar e quais seriam as possíveis restrições que o sistema deveria operar (Wazlawick, 2013).

As etapas do projeto arquitetural e o projeto detalhado buscam auxiliar na especificação da estrutura e do comportamento interno de cada parte do sistema. Na sequência, com base nos requisitos definidos, o protótipo é desenvolvido, testado e entregue nas respectivas etapas: Codificação e Depuração, Teste e Entrega (Wazlawick, 2013).

2.2 Modelo de dados para importação do inventário

Para utilização do aplicativo, é importante definir qual o modelo de dados deve ser implementado, pois o modelo de dados deve possuir as informações referentes às coordenadas geográficas, visto que o tipo de coordenada é definido no cadastro da Unidade de Produção Anual (UPA), que pode ser do tipo GPS, com os dados de latitude e longitude informados conforme Tabela 2, ou do tipo XY, utilizando a origem da coordenada da Unidade de Trabalho (UT) como referência e as posições x e y do plano cartesiano que serão utilizadas para o georreferenciamento.

Tabela 2. Modelo da planilha de inventário para importação.

UT	Espécie	DAP (cm)	H (m)	Q F	Lat	Lng
1	Acapu	50,00	13,00	1	0,0244685	-51,064620
1	Acapu	62,00	12,00	1	0,0244328	-51,064640
1	Anani	42,00	18,00	1	0,0244754	-51,064650
1	Abiu branco	56,00	19,00	1	0,0264355	-51,063862

UT: unidade de trabalho
 H: altura
 Lat: latitude
 DAP: diâmetro a altura do peito
 QF: qualidade do fuste
 Lng: longitude

2.3 Tecnologias utilizadas na construção da aplicação

Para a construção da aplicação web, foram selecionadas tecnologias como linguagem de programação, banco de dados, bibliotecas de desenvolvimento de software, frameworks, servidores de aplicação, etc. Esta escolha foi feita com base nas características do software a ser construído, portanto, para o desenvolvimento da aplicação foram utilizadas as seguintes tecnologias:

2.3.1 Interface Gráfica

Para a criação da interface gráfica, foi utilizado o framework Tailwind CSS em conjunto com a linguagem de programação Javascript, através do framework NextJs. Next.js é uma estrutura da web de desenvolvimento front-end de código aberto que permite funcionalidades como, renderização do lado do servidor e geração de sites estáticos para aplicações web baseadas

na biblioteca React para criação da interface do usuário (Nextjs, 2022).

Tailwind CSS é um framework desenvolvido para maximizar o potencial do CSS (Cascade Style Sheets) e levá-lo ainda mais longe. De forma bastante simplificada e intuitiva, ele oferece responsividade, código enxuto, customização e integração com os ambientes de desenvolvimento (Tailwind, 2022).

2.3.2 Back-end

Para o desenvolvimento do back-end foi utilizado o software Node.js, que pode ser definido como um ambiente de execução Javascript server-side, juntamente com o framework Express.js, um framework web rápido, flexível e minimalista para Node.

2.3.3 Banco de Dados

Para armazenamento dos dados manipulados pela aplicação web, foi utilizado o banco de dados PostgreSQL 12 (Postgresql, 2022).

2.3.4 Object-Relational Mapping - ORM

Object-Relational Mapping (ORM), em português, mapeamento objeto-relacional, é uma técnica para aproximar o paradigma de desenvolvimento de aplicações orientadas a objetos ao paradigma do banco de dados relacional. O uso da técnica de mapeamento objeto-relacional é realizado através do framework Prisma ORM, cuja a arquitetura é desenhada em em três camadas: *prisma client*, *prisma migrate* e *prisma studio*.

2.4 Fluxo de atividades da aplicação

Para executar as atividades disponíveis na aplicação web, é necessário seguir uma sequência de tarefas a fim de considerar que cada etapa subsequente depende de outra já definida anteriormente. Esta sequência é apresentada na Figura 2 e o protótipo da aplicação web encontra-se disponível na internet no endereço eletrônico temporário <https://bomanejo-app.a.cnpgc.embrapa.br>.

Com base no fluxo sequencial das atividades apresentadas na Figura 2, foi possível definir uma estrutura inicial de telas, onde o protótipo da aplicação foi elaborado a partir desta estrutura e através das tecnologias apresentadas na seção 2.3, e a parte visual foi construída com a utilização do framework Next.js.

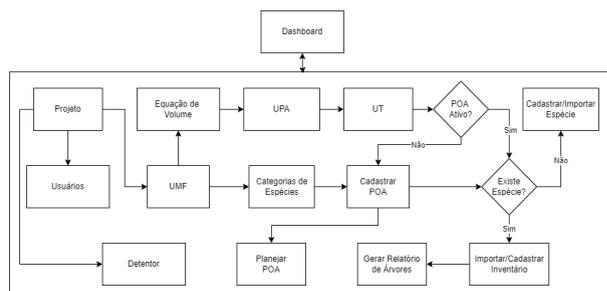


Figura 2. Fluxo sequencial de atividades da aplicação web

3 Resultados

3.1 Autenticação e dashboard da aplicação

Nesta seção é apresentado o sistema de autenticação da aplicação, que utiliza a biblioteca "next-auth", uma biblioteca javascript que fornece uma abordagem unificada e extensível para implementar vários métodos de autenticação em aplicativos web, incluindo nome de usuário e senha tradicional e logins das mídias sociais, esse recurso foi incluído diretamente no projeto frontend, pois a documentação desta ferramenta indica uma estrutura padrão para sua implementação, sendo necessário criar uma rota de serviço.

A partir da definição do sistema de autenticação, foram criadas as telas de login, cadastro e dashboard da aplicação. Na tela de login ilustrada na Figura 3, o usuário pode realizar o primeiro acesso através de serviços externos de autenticação como, google, facebook e github, caso essa autenticação seja bem-sucedida o usuário receberá um email com uma senha criada aleatoriamente.

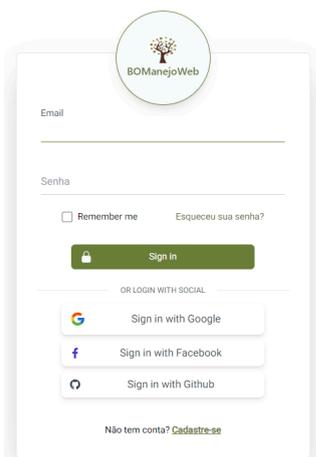


Figura 3. Tela de autenticação

Além do acesso através dos serviços externos, o usuário também pode realizar um cadastro na base de dados local através da opção "cadastre-se" disponível na tela de autenticação, sendo redirecionado para a tela de cadastro de usuário.

A Figura 4 apresenta as opções de cadastro disponíveis na aplicação, que são: gerenciamento da UMF (unidade de manejo florestal), esta opção permite ao usuário gerenciar as unidades de manejo florestal, cadastro da UPA (unidade de produção anual), permite ao usuário gerenciar as unidades de planejamento anual, cadastro da equação volume, permite que o usuário realize o cadastramento das equações que serão aplicadas ao inventário, cadastro UT (unidade de trabalho), permite o gerenciamento das unidades de trabalho de uma UPA específica, onde é possível definir as coordenadas geográficas para UTM, sistema de representação da superfície de Terra utilizando projeções cilíndricas e divisão do globo em grade, cadastro de espécies, permite

ao usuário gerenciar as espécies e por fim cadastro da categoria de espécies, permite o gerenciamento dos critérios estabelecidos para colheita.

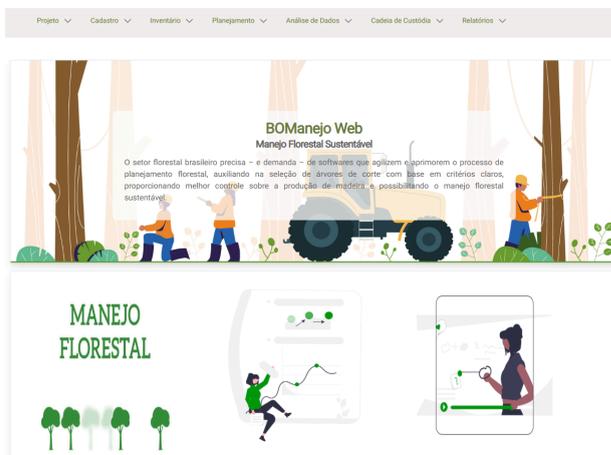


Figura 4. dashboard da aplicação web

A Figura 5, ilustra a tela inicial e a barra de opções do usuário autenticado de forma responsiva, ou seja, ajustada automaticamente para os dispositivos móveis.

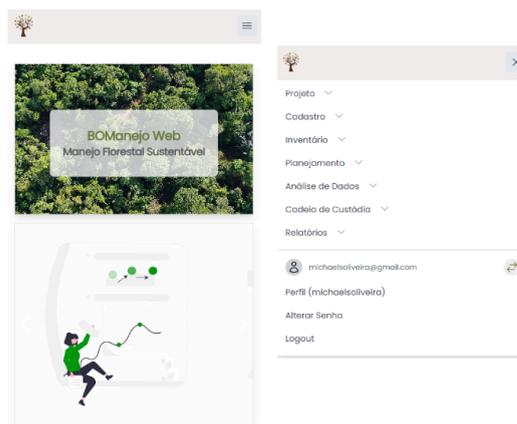


Figura 5. Dashboard e menu de opções para os dispositivos móveis.

3.2 Gerenciamento de Projeto

A Figura 6 apresenta o gerenciamento de projeto, que permite a criação ou associação de usuários com um ou mais papéis pré-definidos, como "funcionário", "gerente" e "admin", estas ações estão disponíveis para o gerenciamento de projetos e equipes.

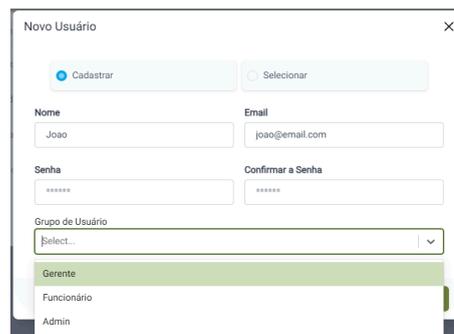


Figura 6. Cadastrar e vincular usuário ao projeto

O sistema permite o cadastro das equações de volume que são apresentadas no formulário de cadastro da UPA, conforme mostra a Figura 7. A equação cadastrada é utilizada para calcular o volume do inventário florestal, nesta tela também estão disponíveis quatro modelos pré-definidos como exemplo para o usuário formular sua própria equação.

3.3 Área de Manejo

A área de manejo engloba a UMF, UPA e UT, o formulário de cadastro da UMF tem apenas o campo nome como obrigatório, e após o cadastro da UMF é liberado o cadastro da UPA conforme ilustra a Figura 10 e é neste formulário que o usuário deve indicar qual a forma de inventário, o sistema de coordenadas e equação de volume utilizada.

A forma de inventário refere-se ao método utilizado no inventário 100% para localizar as árvores: método XY ou por GPS. O sistema de coordenada refere-se tanto ao sistema de coordenadas utilizado para coletar as coordenadas geográficas das árvores no modo GPS quanto às coordenadas do ponto da UT no modo XY. É possível selecionar o sistema de coordenadas geográficas (graus) ou UTM em duas opções Datum: WGS84 ou SIRGAS2000.

Figura 7. Cadastro da UPA

Após o cadastro da UMF e da UPA, é possível cadastrar as UTs conforme mostram as Figuras 8 e 9, este cadastro pode ser apresentado de duas formas, para UT cuja UPA selecionada seja do tipo GPS, é apresentado apenas três informações na tela, que são, número da ut, área útil e área total, e para UPA do tipo XY além dessas informações, o usuário tem disponíveis os dados da faixa da UT. Nesta tela também é possível desenhar ou carregar por meio de um arquivo do tipo zip a delimitação da área da UT através da opção do polígono disponível na parte superior central do mapa.

Figura 8. Cadastro da UT (dados básicos)

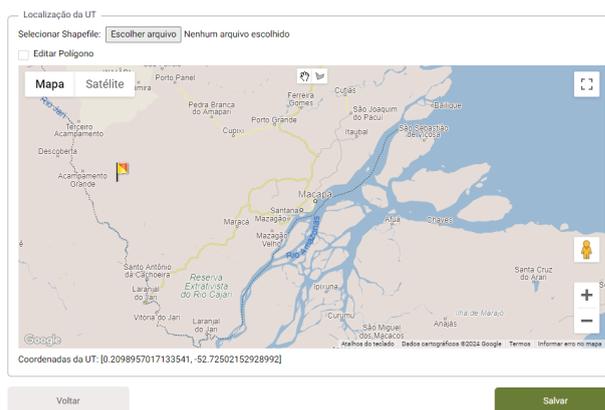


Figura 9. Cadastro da UT (mapa)

3.4 Plano Operacional Anual

A Figura 10 apresenta o formulário para realização do cadastro do Plano Operacional Anual (POA), permitindo a seleção das UTs que serão processadas e a vinculação dos responsáveis pela elaboração e execução do POA. Este formulário também permite importar critérios já utilizados em planos anteriores, ou critérios padrões que foram definidos na criação do projeto, além de disponibilizar a definição de informações básicas.

Figura 10. Cadastro do POA

A Figura 11 apresenta a tela para realizar o processamento do plano operacional anual, sendo possível ajustar cada critério na mesma tela, além da possibilidade de realizar o ajuste individual da seleção de árvores em cada UT, esse caso de uso está disponível em "Definir ajustes".

UPA	UT	Volume Total	Volume Espécie	Volume Espécie/Área Útil
2024	1	6429.2000	2188.9500	25.1641
2024	2	6789.4000	2772.4200	35.8047
2024	3	7562.2300	3188.4800	35.5629

Figura 11. Planejamento do POA

A Figura 12 apresenta os ajustes da UT vinculada a um POA ativo, nesta tela é possível selecionar quais árvores serão retiradas da lista de selecionadas previamente para cortes e também é possível visualizar o quantitativo de espécies que foram incluídas, bem como, o volume total por área útil.

Resumo			
Indivíduos	Total - Corte	Volume - Corte	Volume - Corte (m³/ha)
abiu branco	9	37.8200	0.4449
aburana rosinha	16	42.4100	0.4989
acapu	69	221.5700	2.6067
açota cavalo	2	9.0200	0.1061
amapa	6	28.8000	0.3388
andriola	7	19.9800	0.2351
angelim pedra	3	18.2500	0.2147
angelim vermelho	24	168.1900	1.9787
Total	521	2198.9500	25.7641

Ajuste da UT							
Número	Espécie	CAP (cm)	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m³)	FUSTE	A. Basal
<input type="checkbox"/>	1801	guajara	210.02	66.85000	14.00	3.44000	1 0.3510
<input type="checkbox"/>	2188	maparajuba	180.01	57.30000	15.00	2.71000	1 0.2579
<input type="checkbox"/>	2312	taxi	260.00	82.76000	16.00	6.02000	1 0.5379
<input type="checkbox"/>	1129	acapu	210.02	66.85000	14.00	3.44000	1 0.3510
<input type="checkbox"/>	1013	matamata	180.01	57.30000	14.00	2.53000	1 0.2579
<input type="checkbox"/>	2062	abiu branco	173.01	55.07000	15.00	2.50000	1 0.2282

Figura 12. Ajuste da UT do POA

4 Contribuição deste artigo

O presente artigo apresenta uma solução tecnológica para auxiliar o processo de manejo florestal sustentável através de funcionalidades que incluem a delimitação da área de manejo, importação dos dados florestais coletados em campo, planejamento e seleção de árvores para corte e outras funcionalidades para auxiliar na tomada de decisão que envolvem este processo.

5 Conclusão

Com a implementação do protótipo web apresentado neste artigo, foi possível observar que a aplicação pode auxiliar o setor florestal, visto que sua aplicabilidade é de extrema importância para o manejo florestal sustentável, possibilitando aos usuários a realização do processo do planejamento e seleção de árvores através das etapas de coleta e importação de dados, definição dos critérios de seleção, ajuste de exploração com base nos critérios estabelecidos, visualização dos dados através de mapas com georreferenciamento e o processamento do plano operacional anual classificando o inventário florestal conforme a definição dos ajustes definidos pelo usuário.

Em suma, a proposta apresentada neste artigo voltada para o manejo florestal sustentável mostra-se uma boa alternativa para auxiliar na integração das informações dos dados florestais, otimizar processos e fornecer suporte na tomada de decisões, contribuindo para a sustentabilidade e o bom gerenciamento das florestas, além de permite que as informações tenham disponibilidade contínua pois estão disponíveis em um ambiente conectado e compartilhado.

6 Agradecimentos

Agradeço ao ITTO (The International Tropical Timber Organization) que por meio da Embrapa, financiaram o desenvolvimento deste trabalho, ao pesquisador José Francisco Pereira, meu mentor na área florestal e a todos os meus professores de graduação da UNIFAP e de mestrado da UFPA.

7 Referências

BRAGA, S. R. **Aplicação Web para Processamento de Inventário Florestal por Meio da Plataforma Shiny**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2019.

BRASIL. Lei nº 11.284, 06 de março De 2006. **Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2006. ISSN 1677-7042.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2012. ISSN 1677-7042. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm.

MARTINS, S. S. et al. **Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual**. Revista Árvore. v. 27, n.1, 2003.

MAY, Peter H.; BERNASCONI, Paula; WUNDER, Sven; LUBOWSKI, Ruben. **Cotas de reserva ambiental no novo código florestal brasileiro: Uma avaliação ex-ante**. CIFOR, 2016.

POSTGRESQL, 2022. Disponível em: <https://www.postgresql.org>. Acessado em: 01/10/2022.

NEXTJS, 2022. The React Framework for the Web. Disponível em: <https://nextjs.org>. Acessado em: 01/10/2022.

SCOLFORO, J.R.S., PULZ, F.A. and MELO, J.M. **Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e análise estrutural**. In: Scolforo, J.R.S., Ed., Manejo Florestal, UFLA/FAEPE, Lavras, 1998.

TAILWIND, 2022. Rapidly build modern websites without ever leaving your HTML. Disponível em: <https://tailwindcss.com>. Acesso em: 01/10/2022.

TAROUCO, Liane. **Alfabetização visual para a redução da sobrecarga cognitiva em material educativo digital**. Editora Ciência Moderna, 2006. WAZLAWICK, Raul. **Engenharia de Software: Conceitos e práticas**, 2013.

WOJCIECHOWSKI, Jamie. **JCARBON - software na web com Data Mining para estimativas de volume, biomassa e carbono em florestas**. UFPR, 2015.

8 Nota de Responsabilidade

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.