



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS – IEG
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE
TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO – PROFNIT

MAYSA LOPES FERNANDES

**CRIAÇÃO E TESTAGEM DE BANCO DE ESPECTROS DE
ESPÉCIES FLORESTAIS DA AMAZÔNIA COM USO DE
DISPOSITIVO NIR PORTÁTIL**

Santarém – Pará

2024

MAYSA LOPES FERNANDES

**CRIAÇÃO E TESTAGEM DE BANCO DE ESPECTROS DE
ESPÉCIES FLORESTAIS DA AMAZÔNIA COM USO DE
DISPOSITIVO NIR PORTÁTIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação - PROFNIT da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA como requisito final para obtenção de título de mestre.

Orientador e co-Orientador:

Prof. Dr. Márcio José Moutinho da Ponte;
Prof. Dr. Victor Hugo Pereira Moutinho.

**Santarém – Pará
2024**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

F363c Fernandes, Maysa Lopes
 Criação e testagem de banco de espectros de espécies florestais da Amazônia com o uso de dispositivo NIR portátil./ Maysa Lopes Fernandes. – Santarém, 2024.
 46 p. : il.
 Inclui bibliografias.

Orientador: Márcio José Moutinho da Ponte.
Coorientador: Victor Hugo Pereira Moutinho.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação.

1. Identificação. 2. Espectroscopia NIR. 3. Madeiras amazônicas. I. Ponte, Márcio José Moutinho da, *orient.* II. Moutinho, Victor Hugo Pereira, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 582.1609811

TERMO DE APROVAÇÃO



Universidade Federal do Oeste do Pará

MESTRADO PROFISSIONAL EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO

ATA Nº 1

Ao dia nove do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e quatro, às 14h30min, por vídeo conferência, instalou-se a banca examinadora de dissertação de mestrado do(a) aluno(a) Maysa Lopes Fernandes. A banca examinadora foi composta pelos professores Dr. WERBESTON DOUGLAS DE OLIVEIRA, UNIFAP, examinador externo, Dr. FERNANDO WALLASE CARVALHO ANDRADE, UFOPA, examinador externo ao programa, Dr. DEAM JAMES AZEVEDO DA SILVA, UFOPA, examinador interno, MSc. JULIANO JOSÉ MOTA DA ROCHAA, PROTIUM Ltda, membro do mercado e Dr. MARCIO JOSE MOUTINHO DA PONTE, UFOPA, orientador. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do professor MARCIO JOSE MOUTINHO DA PONTE, orientador, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, que de imediato solicitou a(o) candidato (a) que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada Identificação de espécies florestais por meio do uso de espectroscopia NIR, marcando um tempo de 30 minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o Prof. MARCIO JOSE MOUTINHO DA PONTE, presidente, passou a palavra ao examinador externo, Dr. WERBESTON DOUGLAS DE OLIVEIRA, para argüir o (a) candidato (a), e, em seguida, Dr. FERNANDO WALLASE CARVALHO ANDRADE, UFOPA, examinador externo ao programa, Dr. DEAM JAMES AZEVEDO DA SILVA, UFOPA, examinador interno, MSc. JULIANO JOSÉ MOTA DA ROCHA, PROTIUM Ltda, membro do mercado, para que fizessem o mesmo; após o que fez suas considerações sobre o trabalho em julgamento; tendo sido APROVADO o (a) candidato (a), conforme as normas vigentes na Universidade Federal do Oeste do Pará. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa, no prazo de 20 dias; contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora e constante na folha de correção anexa. Conforme o Artigo 43 da Resolução 072/2004 - CONSEPE, o (a) candidato (a) não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Documento assinado digitalmente
gov.br WERBESTON DOUGLAS DE OLIVEIRA
Data: 13/03/2024 15:20:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. WERBESTON DOUGLAS DE OLIVEIRA, UNIFAP

Examinador Externo à Instituição

MSc. JULIANO JOSÉ MOTA DA ROCHA

Documento assinado digitalmente
gov.br JULIANO JOSE MOTA DA ROCHA
Data: 29/02/2024 08:40:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. FERNANDO WALLASE CARVALHO ANDRADE, UFOPA

Examinador Externo ao Programa

Documento assinado digitalmente
gov.br FERNANDO WALLASE CARVALHO ANDRADE
Data: 29/02/2024 14:36:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



Universidade Federal do Oeste do Pará

**MESTRADO PROFISSIONAL EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO**



Documento assinado digitalmente

VICTOR HUGO PEREIRA MOUTINHO

Data: 18/03/2024 09:46:18 -0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. VICTOR HUGO PEREIRA MOU

Examinador Interno



Documento assinado digitalmente

MARCIO JOSE MOUTINHO DA PONTE

Data: 23/07/2024 17:57:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. MARCIO JOSE MOUTINHO DA PONTE, UFOPA

Examinador Interno

Dr. DEAM JAMES AZEVEDO DA SILVA, UFOPA

Examinador Interno



Documento assinado digitalmente

MAYSA LOPES FERNANDES

Data: 19/03/2024 09:24:47-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MAYSA LOPES FERNANDES

Mestrando



Emitido em 19/03/2024

CERTIDÃO OU ATA DE DEFESA Nº 1/2024 - CBCCO (11.01.09.13)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 19/03/2024 16:08)

DEAM JAMES AZEVEDO DA SILVA

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

IEG (11.01.09)

Matrícula: ###904#9

Visualize o documento original em <https://sipac.ufopa.edu.br/documentos/> informando seu número: **1**, ano: **2024**, tipo: **CERTIDÃO OU ATA DE DEFESA**, data de emissão: **19/03/2024** e o código de verificação: **0b7e663db4**

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela oportunidade de concluir uma pós graduação que tanto desejei e por me dar forças para chegar até aqui apesar de todas as dificuldades.

Agradeço aos meus pais por todo apoio e compreensão nesses anos.

Agradeço a meus professores por todo ensinamento repassado, que me tornarão uma profissional qualificada.

Agradeço ao Eduardo por todo socorro que me deu em vários momentos, sem nunca negar ajuda.

Agradeço ao professor Vitor Moutinho pela oportunidade que me apresentou para realizar este trabalho, bem como a oportunidade de estágio em seu laboratório.

Agradeço aos proprietários da Algimi Florestal por abrirem as portas de sua empresa e pelo material fornecido para que eu pudesse desenvolver esse trabalho.

Agradeço também ao ICMBio que foi quem forneceu o equipamento para que este trabalho se originasse.

Por fim, agradeço a meus orientadores por acreditarem em mim e me incentivarem a concluir esse trabalho.

RESUMO

A identificação botânica florestal se torna mais complexa quando tem à disposição apenas a madeira para a definição da espécie, pois nesse processo subjetivo e dificultoso é exigida uma análise mais profunda de suas características por especialistas, cada vez mais escassos e nem sempre disponíveis dependendo da situação, onde o resultado pode demorar semanas para ser emitido. Desta forma, o objetivo deste trabalho é utilizar da espectroscopia de infravermelho em um processo automático de identificação como uma garantia de grande acurácia e velocidade no reconhecimento de espécies madeireiras. Para o desenvolvimento será utilizado um espectrômetro portátil na captura de espectros de infravermelho (NIR - Near Infrared Reflectance), com valores de refletância dentro de 740-1070 nm de uma quantidade amostral de 10 espécies amazônicas com 100 corpos de prova de madeira seca de diversas origens à 12% de umidade cada, sendo coletado o espectro em dois planos de corte com 2000 repetições por espécie, resultando em 20.000 espectros no banco de dados. O projeto teve início a partir da coleta dos espectros montando um banco de dados extensivo e seguido da fase de verificação, testagem e resultando em instrumentos para a criação de um sistema de reconhecimento automático. As espécies foram selecionadas pelos critérios de importância comercial local e definidas por grupos comerciais. Foi constatado que das 10 espécies coletadas houveram algumas identificações certas na espécie chamada de Jatobá o que valida a importância do desenvolvimento deste projeto. Essas coletas servirão como um acervo local e com a criação de um modelo de identificação de cada espécie de acordo com suas características informadas pelos espectros será possível se ter o desenvolvimento de uma tecnologia para a identificação florestal automática.

Palavras-chave: Identificação; espectroscopia NIR; madeiras amazônicas.

ABSTRACT

Forest botanical identification becomes more complex when only the wood is available to define the species, as this subjective and difficult process requires a more in-depth analysis of its characteristics by specialists, who are increasingly scarce and not always available depending on the situation, where the result can take weeks to be issued. The aim of this work is therefore to use infrared spectroscopy in an automatic identification process as a guarantee of great accuracy and speed in recognizing wood species. A portable spectrometer will be used to capture infrared spectra (NIR - Near Infrared Reflectance), with reflectance values within 740-1070 nm from a sample of 10 Amazonian species with 100 specimens of dry wood from various sources at 12% humidity each. The spectrum will be collected in two cutting planes with 2000 repetitions per species, resulting in 20,000 spectra in the database. The project began with the collection of spectra, setting up an extensive database, followed by the verification phase, testing and resulting in instruments for the creation of an automatic recognition system. The species were selected according to the criteria of local commercial importance and defined by commercial groups. It was found that of the 10 species collected there were some correct identifications in the species called Jatobá, which validates the importance of developing this project. These collections will serve as a local collection and, with the creation of a model for identifying each species according to its characteristics informed by the spectra, it will be possible to develop a technology for automatic forest identification.

Keywords: Identification; NIR spectroscopy; Amazonian woods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espectro eletromagnético.....	19
Figura 2: Equipamento Scio carenagem externa e composição interna.	23
Figura 3: Madeira seca e lixada cortadas em estacas e em varetas agrupadas por grupos comerciais.	27
Figura 4: Planos de orientação da madeira.....	28
Figura 5: Processo de criação da tecnologia com SCiO Sensor.....	29
Figura 6: Processo de criação do projeto executado pela pesquisadora com SCiO Sensor.....	30
Figura 7: Desempenho do modelo 1.	31
Figura 8: Desempenho do modelo 2.	32
Figura 9: Desempenho do modelo 3.	32
Figura 10: Desempenho do modelo 4.	33
Figura 11: Desempenho do modelo 5.	33
Figura 12: Análise PCA de espectros de 5 amostras de madeira seca e lixada em cortes longitudinal radial e transversal.	36
Figura 13: Análise PCA de amostras com corte longitudinal radial.	37
Figura 14: Análise PCA de amostras com corte transversal.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de espécies comerciais utilizadas no projeto.....	28
Tabela 2: Modelos e configurações.....	34
Tabela 3: Porcentagem de reconhecimento de amostras a partir dos modelos criados.....	35

SUMÁRIO

FICHA CATALOGRÁFICA	3
TERMO DE APROVAÇÃO	4
AGRADECIMENTO.....	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
SUMÁRIO.....	12
1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Identificação taxonômica	14
2.2.1. Identificação da madeira	17
2.2.2. Espectroscopia de infravermelho	18
2.2.3. O uso da espectroscopia de infravermelho na identificação botânica.....	21
2.2.4. Revisão de tecnologias	22
2.2.4.1. SCiO - Sensor da Consumer Physics	22
2.2.5. Revisão de Normativas e aspectos correlatos	23
3. JUSTIFICATIVA	24
3.1 Lacuna preenchida pelo TCC.....	25
3.2 Aderência ao PROFNIT	25
3.3 Impacto	25
3.4 Aplicabilidade	25
3.5 Inovação.....	25
3.6 Complexidade	26
4. OBJETIVO	26
4.1 Objetivo Geral	26
4.2 Objetivos Específicos	26
5. METODOLOGIA	26
5.1 Lista Das Etapas Metodológicas	26
5.2 Área de estudo	27
5.3 Coletas e amostragem de espécies	28

5.4	Criação do modelo e verificação de acurácia.....	30
6.	RESULTADOS.....	34
7.	DISCUSSÃO.....	37
7.1	VIABILIDADE DE EXECUÇÃO.....	39
7.2	ENTREGÁVEIS DE ACORDO COM OS PRODUTOS DO TCC.....	39
8.	CONCLUSÃO.....	39
9.	REFERÊNCIAS.....	40
	APÊNDICES.....	45

1. INTRODUÇÃO

A ausência de uma identificação botânica eficiente motiva a procura de métodos eficazes para garantir agilidade e uniformidade de informações das taxonomias florestais que possam auxiliar nas etapas de planejamento, execução e fiscalização do manejo florestal na Amazonia. Desta forma, vislumbra-se agilizar e facilitar o processo de identificação afim de que por meio da integração da tecnologia de reconhecimento de padrão seja possível a identificação botânica de forma automática e com maior rapidez e acurácia do qual é aplicado no cenário atual.

A identificação correta dos tipos madeireiros garante a integridade das transações comerciais bem como é essencial na hora da fiscalização do transporte de madeiras das espécies retiradas da floresta com a intenção de combater o transporte ilegal de espécies proibidas.

Uma vez que a distinção tradicional das variedades botânicas possui uma metodologia específica para tal e torna-se subjetiva pois exige inúmeras características morfológicas como hábitos, fuste, casca, cheiro e cor, folha, flores e frutos (UNICENTRO, 2008). Para garantia de identificação são realizadas coletas de materiais botânicos férteis que servirão de confirmação em comparação com coleções de herbários e pranchas e banco de dados fotográficos disponíveis na internet (EEPA-INPA, 2016) por especialistas da área, os botânicos taxonomistas, que são escassos dificultando ainda mais essa identificação que pode durar vários dias.

Devido à grande expansão do território brasileiro, pode ocorrer ainda o agrupamento de várias espécies e diferentes gêneros em um mesmo nome vulgar tornando mais difícil a identificação dentro do mercado de madeira.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Identificação taxonômica

De acordo com a EMBRAPA (2014) existe uma necessidade do homem de entender o padrão de diversidade entre os organismos existentes no planeta para assim explicar sua origem. A taxonomia entra para estabelecer uma visão completa

da grande diversidade de organismos existentes e suas divisões considerando as características morfológicas internas e externas de cada organismo.

A sistemática vegetal é uma área da botânica que compreende a identificação, a classificação e a designação, primeiro passo a ser dado para se trabalhar com espécies vegetais, isto porque qualquer dado obtido deve ser ligado a um nome científico do indivíduo objeto do trabalho, o que é importante para garantir a integridade das transações comerciais de madeiras e demais produtos vegetais retirados da floresta através da uniformidade de informações (EMBRAPA, 2014).

A caracterização de uma espécie vegetal pode ser feita de diversas formas por especialistas (taxonomistas), mateiros (parataxonomistas) e com o uso de tecnologias, tudo por meio de suas estruturas maiores (macroscópicas) bem como por suas composições determinadas por análises microscópicas.

Na prática convencional a identificação é feita por comparação através de acervos de herbários e literatura especializada exigindo um alto nível de conhecimento dos botânicos taxonomistas. São feitas identificações de características morfológicas externas a partir de ramos adultos, que levam em consideração folhas, flores, frutos, sementes, os hábitos, as características do fuste coletados e tratados de acordo com uma metodologia específica (EMBRAPA, 2014) que levam alguns dias para acontecer.

Ocorre que a presença de especialistas locais é escassa e devido a essa lacuna os parataxonomistas se tornam supervalorizados, o que afeta o custo dos projetos cujos recursos financeiros são escassos (HOPKINS et. al, 2003).

Outra questão refere-se a nomenclatura de espécies que é feita através de nomes populares, comuns e vulgares de ocorrência local, dada através de características do vegetal, que são regionais e podem variar de acordo com a localidade do indivíduo ou ao uso na comercialização (PROCÓPIO E SECCO, 2009; MARTINS-DA-SILVA et. al, 2003), não ganhando a devida importância em trabalhos científicos uma vez que sua abrangência dificulta a identificação correta das plantas regionais pois muitas espécies possuem grandes semelhanças morfológicas. O nome científico garante que as espécies sejam reconhecidas em qualquer lugar do

mundo com a mesma nomenclatura, o que evita alguns equívocos e erros irreparáveis a serem cometidos (HOPKINS et al., 2003).

Visando uma melhor acurácia e rapidez nesses processos já existem inúmeros estudos que tratam de meios alternativos para identificar espécies vegetais por características morfológicas internas realizadas com o uso de tecnologia, dentre eles podemos citar, identificação por meio de imagem (PONTE, 2017), testes químicos (DORMONTT,2015) análises de DNA (FERREIRA, 2006), espectroscopia (PASTORE et al, 2018; OLIVEIRA, 2013; HADLICH , 2017;BOTELHO 2017;BATISTA,2016) e outros (IPT, 2012).

No Brasil existem cerca de 270 herbários com dados de madeiras brasileiras para consulta e utilização em identificações (SBB, 2020). Nestes bancos de dados há informações sobre características anatômicas obtidas utilizando imagens, quimiometria, espectroscopia e outras técnicas não convencionais. Entretanto, o acesso a estas informações difícil em alguns casos.

O Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro é um dos centros de pesquisa que disponibiliza em seu *website* um banco de dados de imagens e de espectros de infravermelho de quatro famílias arbóreas denominadas: *Fabaceae*, *Meliaceae*, *Sapotaceae* e *Vochysiaceae*. Esses espectros fazem parte de uma base de dados ampla de espectros NIR englobando diferentes espécies coletadas em diferentes coleções de referência e expedições de coleta (LPF, 2021).

Ainda que métodos como a identificação feita por imagens tenha sua eficácia e segurança, é, por sua vez, proporcionalmente demorado e custoso comparado ao convencional, ao se exigir uma preparação de material como lâminas e permanentes, a utilização de produtos químicos, equipamentos sofisticados e pessoal treinado e capacitado para essa identificação (BOTOSSO, 2011).

As consequências da imprecisão na identificação botânica podem ser graves para a sustentabilidade dos sistemas de manejo, na fiscalização da extração ilegal de madeira bem como trazer prejuízos nas transações comerciais destas (HOPKINS E SILVA, 2003).

2.2.1. Identificação da madeira

A anatomia da madeira continua sendo a ciência mais amplamente empregada na identificação de uma espécie produtora de madeira ao se utilizar da comparação de caracteres anatômicos entre determinada amostra com amostras de referência depositadas em coleções de madeira. Porém para realizar esta técnica são necessários especialistas altamente treinados que são escassos, não conseguindo assim, suprir a demanda do setor florestal (LPF, 2021) que tem fins comerciais ou de fiscalização que nesses casos pode ser feita também por agentes de fiscalização, técnicos de órgão de meio ambiente, madeireiros, pesquisadores e parataxonomistas.

Por esta razão outras técnicas eletrônicas ou instrumentais vem sendo desenvolvidas para auxiliar na discriminação de espécies florestais, além de ser um meio de facilitar a comercialização de espécies pouco conhecidas e visando contribuir na ampliação do número de espécies florestais a serem utilizadas em áreas de manejo florestal ajudando no desempenho econômico da atividade (LPF,2021).

Contudo, durante o processo de beneficiamento, ao tornar a árvore matéria prima comercial, após a colheita ocorre a descaracterização ao se retirar as características do vegetal como folhas e flores, o que dificulta o reconhecimento no percurso em que a espécie sai da floresta até o pátio da serraria e comércio (BOTOSSO, 2011).

Na caracterização feita por tipos comerciais por exemplo, não se leva em conta as variações de gêneros agrupadas em uma mesma denominação de espécie e com isso não se tem a garantia de que um material vendido com certas características (espécie) será o entregue na próxima encomenda, no que diz respeito a coloração, propriedade físicas e mecânicas, secagem, trabalhabilidade, durabilidade, rendimento e até mesmo o uso da madeira haja visto que cada característica dessa é peculiar à espécie. Outro fato importante é a perda financeira que ocorre em casos de uma identificação errada de uma espécie mais valiosa ser vendida como uma mais barata (HOPKINS et al., 2003).

Na fiscalização, a dificuldade de identificar as espécies madeireiras é o grande entrave, pois muitas vezes o que está contido no documento de autorização da extração e transporte não corresponde ao que foi aprovado para corte (IPT, 2012).

Já existem inúmeros recursos que facilitam essa identificação como é o caso do software desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas Florestais, o Sistema Digital de Identificação de Madeiras que possui um banco de dados com 65 características diferentes de 160 espécies cadastradas (MMA, 2010).

Mas ainda assim se considera um processo longo e demorado que se inicia com a anotação de características como localização (coordenadas), caracterização do habitat, coleta e anotação dos dados da coleta, identificação (família, gênero, espécie), marcação de espécimes, fotografia, amostra para bioprospecção e para análises moleculares, herborização, desidratação (secagem), leitura NIR e envio para herbário (EEPA-INPA, 2016).

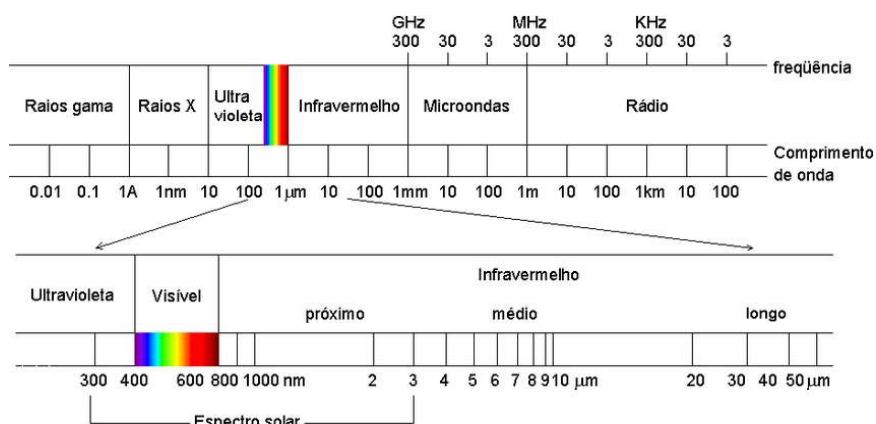
Nos herbários o material é analisado, são verificadas suas informações características, importância econômica, para pôr fim ser nomeada através de um Laudo técnico de identificação. Todo esse processo é demorado, porém necessário, o que implica em atrasos e prejuízos econômicos nas transações comerciais da madeira uma vez que há uma urgência dos madeireiros no beneficiamento das madeiras a fim de atender ao mercado (BOTOSSO, 2011).

2.2.2. Espectroscopia de infravermelho

A espectroscopia de infravermelho (espectroscopia IV) é uma técnica de análise e determinação dos níveis de energia de átomos ou moléculas que usa a região do infravermelho do espectro eletromagnético. Tem sido usada em várias aplicações como nas áreas do conhecimento da química, física, biologia (MARIN, 2013) e forense para análise de alimentos, produtos farmacêuticos, combustíveis, materiais e com maior relevância na análise de produtos agrícolas (EMBRAPA, 2018) e florestais. É utilizada na caracterização de materiais e consiste na criação de espectros de absorção com a emissão de radiação pela matéria onde se é possível realizar leituras a nível microscópico (LEITE e PRADO, 2012). Ela compreende a área do espectro eletromagnético que fica entre a região da luz

visível (VIS) (400nm a 700 nm) e as micro-ondas (MICRO) (BOTELHO, 2017) uma região que se localiza entre 700 nm e 2.500 nm, equivalente à faixa de número de onda entre 4.000 cm^{-1} e 13.333 cm^{-1} , frequência entre $4,0 \times 10^{14}$ Hz e $1,2 \times 10^{14}$ Hz e energia entre 1,65 eV e 0,50 eV ou 160 kJ mol^{-1} e 48 kJ mol^{-1} , respectivamente (EMBRAPA, 2018) sobre o espectro como mostra a figura abaixo:

Figura 1: Espectro eletromagnético.



Fonte: Dorneles, 2008.

Segundo BOTELHO (2017), a região infravermelha do espectro eletromagnético tem uma divisão em três regiões que são: o infravermelho próximo, o médio e o distante (longo) que tem seus nomes em relação a suas posições de acordo com o espectro da luz visível.

O espectro de absorção no infravermelho tem origem quando a radiação eletromagnética incidente tem uma componente com frequência correspondente a uma transição entre dois níveis vibracionais. Os átomos de uma molécula estão sempre se movimentando e por não estarem imóveis apresentam graus de liberdade que correspondem a modos vibracionais sendo eles: deformação (axial e angular), estiramento das ligações (simétrico e assimétrico) ou rotação (MARIN, 2013). A absorção da radiação do infravermelho interfere nas vibrações das ligações covalentes das moléculas bem como nas rotações, porém não interfere em sua composição (LEITE E PRADO, 2012).

A espectroscopia molecular mede experimentalmente as variações energéticas que ocorrem em uma molécula ao emitir e absorver frequências de

radiação correlacionando as com a estrutura molecular da substância característica (PIZZOLATTI, 2011). Assim, o espectro de absorção de cada elemento possui um padrão único, como se fosse uma impressão digital, sendo possível identificar a natureza das moléculas orgânicas e sua concentração (OLIVEIRA, 2013). Com isso temos algumas vantagens no uso desta técnica e dentre elas temos possibilidade do uso de amostras em solução ou no estado líquido, sólido ou mesmo gasoso (MARIN, 2013), facilidade de preparo de amostras para coleta, baixo custo, versatilidade do equipamento, precisão de análises, entre outros.

A detecção e a medida das variações energéticas resultando em vetores chamados de espectros são feitas e registradas por equipamentos titulados espectrômetros, que se utilizam de análise de Fourier e produzem um gráfico entre a intensidade de absorção versus o número de onda que corresponde ao Espectro de Infravermelho (MARIN, 2013).

Aliada a espectrometria temos a quimiometria que segundo Hibbert (2016, apud EMBRAPA, 2018) é “a ciência que relaciona medidas feitas em um sistema químico ou processo com o estado do sistema através da aplicação de métodos matemáticos ou estatísticos” afim de registrar medidas em que se extraiam informações dos dados químicos.

Esta ciência é capaz de construir modelos quimiométricos utilizando espectros NIR através de métodos lineares capazes de descrever matematicamente os dados. Para essa construção, alguns métodos são utilizados como o pré-processamento dos dados, na análise exploratória de dados, com destaque para a análise de componentes principais, na calibração multivariada e na classificação supervisionada (EMBRAPA, 2018).

A escolha do método de pré-processamento é primordial para uma boa leitura dos espectros e deve ser feita com cautela e estudada a partir do conhecimento básico dos princípios de cada método com o intuito de manter as informações relevantes das amostras eliminando toda variância indesejável dos espectros NIR como ruídos, espelhamentos e desvios de linha-base (EMBRAPA, 2018).

2.2.3. O uso da espectroscopia de infravermelho na identificação botânica

Estudos com uso de tecnologia têm sido desenvolvidos como alternativa aos métodos tradicionais de análise. A partir dos avanços na ciência e técnicas de reconhecimento de espécies, a espectroscopia do infravermelho próximo (FT-NIR) vem se destacando.

De acordo com alguns estudos (OLIVEIRA, 2013; BATISTA, 2016; HADLICH, 2017; BOTELHO, 2017; PASTORE ET AL., 2018) temos que a espectroscopia no NIR é eficaz na discriminação de classes arbóreas e pode colaborar para a conservação e proteção de tipos florestais inclusive os de extração ilegal (DORMONTT et al., 2015).

Como exemplo temos a proposta de estudo dada por OLIVEIRA (2013) que se utiliza da espectroscopia de infravermelho com equipamento de laboratório para identificar espécies de madeiras e que apresentou resultados promissores ao se utilizar de Redes Neurais Artificiais em conjunto com o infravermelho e heurística de Levenberg-Marquardt para identificação de madeira ao se apresentar flexível aos ruídos existentes e não exigir que os dados passassem por prévio tratamento estatístico antes de serem utilizados.

No trabalho de BOTELHO (2017) foram testados diferentes métodos para obtenção dos espectros FT-NIRS de amostras de herbário, bem como de diferentes localidades da Amazônia, contudo se utilizando de equipamentos de laboratório. O trabalho apresentou bons resultados de modelo obtidos por análises discriminantes e análises de componentes principais com acerto em cerca de 90,6% dos indivíduos testados. Já no que diz respeito a identificação geográfica mostrou que há influência, pois, o modelo apresentou um maior acerto em amostras mais abrangentes, ou seja, de toda a Amazônia do que dos indivíduos testados em apenas uma localidade.

No estudo feito por BATISTA (2016) a utilização do infravermelho de laboratório foi feita para a identificação de madeira e carvão de espécies da região denominada caatinga e apresentou resultados eficientes na caracterização de madeiras, porém, para o carvão existiu uma maior dificuldade.

Diferente dos trabalhos citados acima, temos uma disparidade no trabalho de HADLICH (2017), ele se utiliza da caracterização com o uso de espectroscopia NIR por um aparelho portátil e que foi feita em campo no tronco das árvores para reconhecer as espécies por meio de espectros dos tecidos da casca na Amazônia Central e se mostrou muito eficiente pois conseguiu um nível de acerto significativo dado pela média de espectros coletados.

2.2.4. Revisão de tecnologias

Com esta considerável atenção, equipamentos portáteis e de baixo custo tem sido desenvolvidos (SORAK et al.; 2012), o que traz um avanço significativo no campo da identificação botânica a partir do momento em que será possível análises rápidas, não destrutivas e em um número maior de amostras obtendo assim um modelo com alta representação.

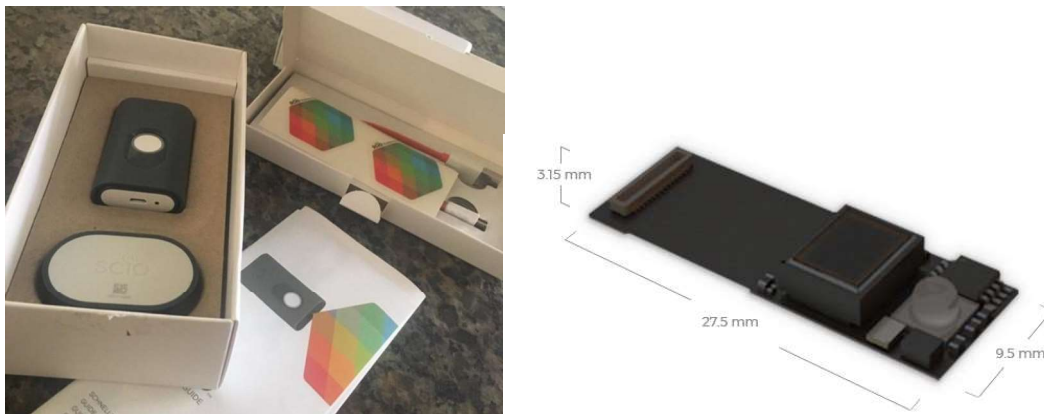
Percebemos que com estes trabalhos desenvolvidos o NIR se mostra eficiente ao discriminar amostras de madeira e sua precisão vai variar de acordo com o modelo de caracterização utilizado, contudo, se diz promissora ao proporcionar novos meios de identificação botânica paralelos ao método convencional, o que vem a agregar no setor principalmente no que diz respeito ao uso de equipamentos portáteis (HADLICH, 2017), saindo do laboratório e levando diretamente para o campo análises instantâneas e identificações mais rápidas.

2.2.4.1. SCiO - Sensor da Consumer Physics

O espectrômetro portátil chamado SCiO *Sensor* pertencente a empresa *Consumer Physics* é um equipamento de bolso que capta espectros e os envia para Nuvem SCiO através de um aplicativo móvel o SCiO Lab (uma plataforma on-line de suporte). Ele possui um diferencial por ser compacto e fácil de usar e ao fornecer altos níveis de sensibilidade e precisão consegue se equipar aos melhores espectrômetros de bancada. Possui um baixo consumo de energia com tempo de aquecimento zero o que o torna altamente responsivo e extremamente eficiente, permitindo executar centenas de varreduras a partir de uma pequena bateria recarregável. Tem sido difundido principalmente na análise de materiais de nível laboratorial e se estendendo a um amplo campo de empresas e setores como por exemplo na identificação de grãos, remédios e também na agricultura. Algumas das

empresas que se utilizam da tecnologia com software próprio são: Corteva, Cargill, Beck's, DFA Farm Supplies, Vita Plus e outras.

Figura 2: Equipamento Scio carenagem externa e composição interna.



Fonte: Arquivo pessoal e site Consumer Physichs, 2021.

O equipamento hospeda em nuvem os modelos quimiométricos e algoritmos que analisam os espectros e os convertem em dados materiais úteis. Uma vez coletadas, as ferramentas de desenvolvimento criam os modelos, analisam os dados espectrais e geram o algoritmo que poderão ser utilizados para análise dos materiais.

2.2.5. Revisão de Normativas e aspectos correlatos

A escolha da forma de processamento é fundamental e a tecnologia oferece em sua plataforma quatro opções prontas de análise sendo elas: Processado, que assume que o modelo Beer-Lambert¹ é válido, transforma e ajusta o sinal medido para concentrado e linear; Normalizado, que realiza a normalização do sinal compensando as mudanças nas condições de medição (por exemplo, distâncias variadas de varredura) que normalmente ocorrem de amostra para amostra; Tanto processado quanto normalizado, onde o primeiro assume o modelo Beer-Lambert (processado) e, em seguida, normaliza os resultados para compensar as diferenças no caminho óptico entre as amostras; E ((log)R) e normalizado que é semelhante ao Processado e Normalizado, porém utiliza uma forma mais agressiva de processamento adicionando mais ruído.

¹ A lei de Beer-Lambert, também conhecida como lei de Beer ou lei de Beer-Lambert-Bouguer é uma relação empírica que, na Ótica, relaciona a absorção de luz com as propriedades do material atravessado por esta.

Além desses pré-processamentos prontos também pode-se personalizar a análise e escolher dentre os algoritmos de processamento: Log, que leva o logaritmo natural de cada valor no espectro; SNV (variação normal padrão), que calcula e subtrai a média de cada espectro e divide pelo desvio padrão dando à amostra um desvio padrão unitário ($s = 1$); Subtrair a média, que subtrai o comprimento médio sobre ondas de cada ponto do espectro para eliminar as tendências restantes após log + derivados, ou eliminar o ganho (ganho independente *lambda*) após o registro. Assim, por exemplo, se o espectro flutua entre 3 e 1, após a "média subtraída" você terá o mesmo espectro, só que desta vez ele vai flutuar entre +1 e -1; Subtrair o mínimo, que subtrai o valor mínimo (mesmo valor para todos os pontos) de cada ponto do espectro, deixando, o espectro "tocar" o ponto zero no mínimo. É útil quando você quer ter o espectro na mesma linha de base sem ter valores negativos; WL, que é a escolha do comprimento de onda a ser analisado; Derivada, toma a 1ª ou 2ª derivada do espectro. Derivativos de espectros são úteis para separar picos de bandas sobrepostas e podem ser um bom filtro de ruído, uma vez que as alterações na linha de base têm efeito insignificante sobre os derivados.

3. JUSTIFICATIVA

A identificação botânica de espécies vegetais nativas da Amazônia é parte integrante do inventário florestal, imprescindível para o plano de manejo florestal e essencial para que a comunidade científica conheça mais e melhor a floresta Amazônica. No entanto, o processo usual de identificação botânica normalmente usa apenas o conhecimento empírico de nativos conhecedores da floresta (mateiros), os quais adotam nomes vernaculares (populares) na determinação das espécies, que por sua vez, apresentam divergências dos nomes científicos catalogados por taxonomistas.

As consequências da imprecisão na identificação botânica podem ser graves para a sustentabilidade dos sistemas de manejo. Tal problemática e deveria causar comoção e investimentos do setor público e privado no setor madeireiro, para atribuir tecnologia e novos conhecimentos no atual fiscalização e manejo florestal (HOPKINS E SILVA, 2003). Dentre outras problemáticas evidenciadas nas identificações botânicas não verídicas e inconsistentes, destacam-se:

- Perda financeira em transações comerciais de madeira no consumo interno e exportação;
- Perda do banco genético e biodiversidade amazônica;
- Exploração de espécies raras e em vias de extinção;
- Desvalorização do produto da madeira;
- Descontrole da continuidade das espécies;

3.1 Lacuna preenchida pelo TCC

Criação de um banco de dados espectral de espécies da região amazônica através de dispositivo NIR portátil.

3.2 Aderência ao PROFNIT

Emprego e uso da tecnologia para melhorar a identificação de processos manuais e empíricos trazendo mais eficiência na identificação de espécies florestais com uma técnica nova a ser implementada.

3.3 Impacto

Primeiro trabalho a usar de um dispositivo portátil e de fácil uso na captura de espectros de madeira e criação de modelos para identificação automática da espécies florestais a partir do cerne.

3.4 Aplicabilidade

Apoiar o processo de identificação de espécies botânicas da Amazônia baseado em equipamentos de espectroscopia NIR, com intuito de minimizar as divergências de conhecimento entre taxonomistas e mateiros, e conseqüentemente aumentar a acurácia do método de identificação no sistema de manejo florestal e no transporte da madeira.

3.5 Inovação

Elaboração de Banco de Dados como apoio ao desenvolvimento de um sistema computacional para identificar de forma automática as espécies botânicas baseado nos dados gerados por espectroscopia de infravermelho de madeiras de espécies florestais comercializadas na Amazônia;

3.6 Complexidade

Montagem de um banco extenso de imagens espectrais e tratamento de dados para criação de modelos quimiométricos com uso de algoritmos de processamento para tratamento de dados.

4. OBJETIVO

4.1 Objetivo Geral

Criação de uma base de dados de amostras de madeira seca e lixada com imagens espectrais no NIR para analisar seus padrões por espécies florestais de ocorrência na Amazônia e realizar uma testagem de modelos multivariados afim de empregar um processo automático de identificação como uma garantia de maior rapidez no reconhecimento de espécies madeireiras com foco na área comercial.

4.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a acurácia da espectroscopia do infravermelho próximo para discriminação de madeiras de produção comercial.
- Avaliar a capacidade de identificação do modelo de acordo com as variações espectrais de planos de corte.
- Avaliar as melhores desempenhos das formas de identificação individual por espécie comercial para produção de um modelo ideal e eficaz.

5. METODOLOGIA

5.1 Lista Das Etapas Metodológicas

1 – Levantamento de espécies e separação das amostras para captura de espectros sendo 10 por espécie;

2 – Leitura de 10 pontos em cada face de cada amostra.

3 – Tratamento de dados com a limpeza do banco de dados e retirada de leituras com erros e interferências.

4 – Criação de modelos quimiométricos com a escolha de formas de processamento e atributos para a análise de dados.

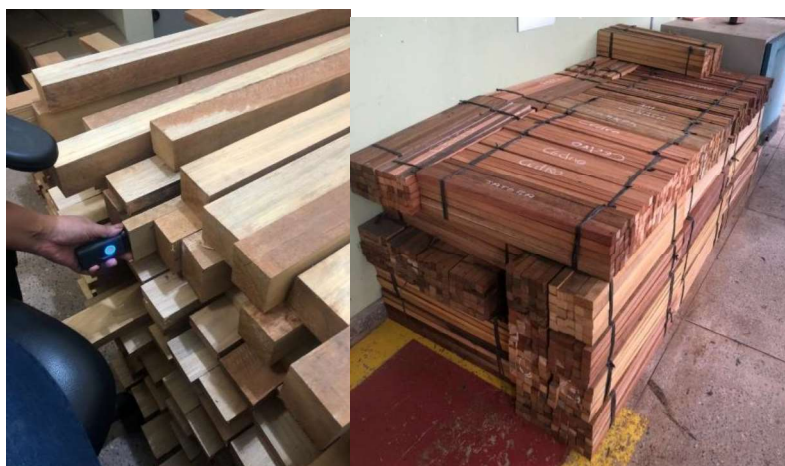
5 – Pré-processamento dos modelos com análise de eficiência de cada um.

- 6 – Separação de amostras para testagem sendo 10 por espécie.
- 7 – Testagem de amostras com leituras de acordo com cada modelo criado.
- 8 – Análise e tratamento dos dados de teste.
- 9 – Escrita do trabalho com parte teórica, métodos e resultados obtidos.
- 10 – Apresentação e defesa.

As etapas do projeto foram primeiramente o levantamento das espécies comercializadas com ajuda de empresas locais e acesso ao banco de dados do Laboratório de Tecnologia da Madeira (LTM) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Em seguida, foi feita a coleta de dados para uma classificação e identificação de padrões com a criação de um banco de dados por espectroscopia e definido o modelo de identificação mais eficaz a partir de testes destes para futuramente ser desenvolvido um sistema de reconhecimento automático de classes florestais.

As amostras são oriundas de espécies extraídas na região do Baixo Amazonas, identificadas em laboratório, denominadas por seus grupos comerciais e cedidas por empresas parceiras da Universidade e do projeto e podem ser vistas na figura abaixo.

Figura 3: Madeira seca e lixada cortadas em estacas e em varetas agrupadas por grupos comerciais.



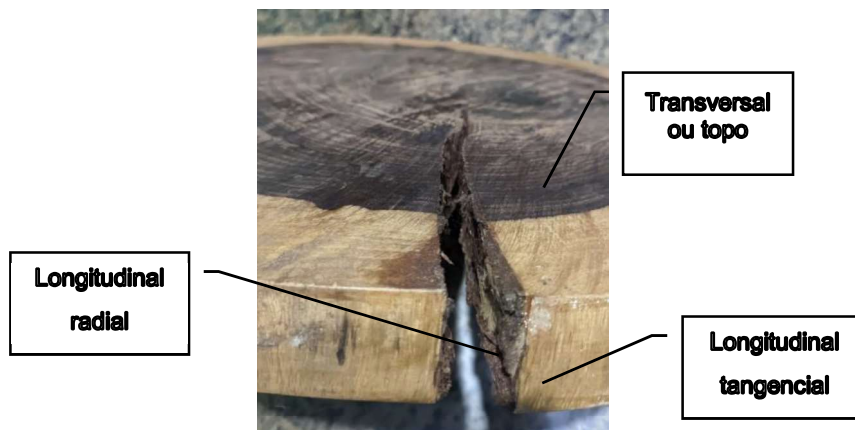
Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

5.2 Área de estudo

A base de amostras de infravermelho analisadas correspondem a madeira seca em estufa com umidade a 12% (secagem padrão feita pela empresa parceira

que cedeu as amostras), ou seja, amostras de madeira serrada e lixada e em duas faces, a face com plano de corte transversal e plano de corte longitudinal radial.

Figura 4: Planos de orientação da madeira.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

5.3 Coletas e amostragem de espécies

Os dados NIR das amostras coletadas utilizadas neste trabalho correspondem as espécies definidas a partir de nomes vernaculares utilizados no comércio local, podendo inclusive corresponder a uma variedade de nomes científicos pois agrupam várias espécies, como no caso do “tauari” que agrupou mais de uma espécie do mesmo gênero, correspondem de acordo com dados do IPT (2021) aos nomes designados a seguir como:

Tabela 1: Lista de espécies comerciais utilizadas no projeto.

	Nome vulgar	Nome científico	Família
1	Muiracatiara	<i>Astronium lecointei Ducke</i>	Anacardiaceae
2	Cedro	<i>Cedrela spp.</i> ,	Meliaceae
3	Maçaranduba	<i>Manilkara spp</i>	Sapotaceae
4	Tauari	<i>Couratari oblongifolia spp</i>	Lecythidaceae
5	Ipê	<i>Tabebuia spp</i>	Bignoniaceae
6	Parapará	<i>Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don</i>	Bignoniaceae
7	Tatajuba	<i>Bagassa guianensis Aubl</i>	Moraceae
8	Jatobá	<i>Hymenaea spp.</i>	Leguminosae

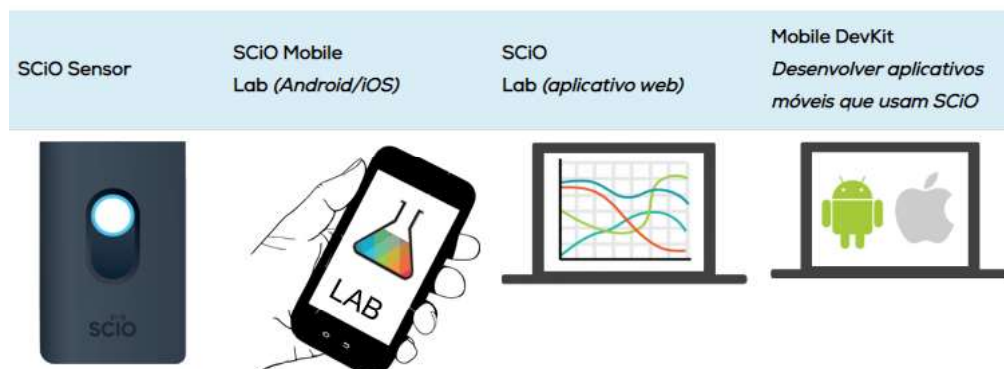
9	Garapa	<i>Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr</i>	Leguminosae
10	Cumaru	<i>Dipteryx odorata (Aublet.) Willd</i>	Leguminosae

Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

As leituras foram feitas em 100 amostras distintas de cada espécie comercial e em 2 planos de corte (longitudinal radial e transversal) sendo 10 leituras, ou seja, 10 espectros em cada plano de cada amostra, pois uma leitura corresponde a um espectro, o que totaliza 2000 varreduras de cada espécie. Os valores de refletância usados estão dentro de 740-1070 nm e o tempo de coleta de dados foi de 0,5 segundos por espectro para captar e processar cada amostra com intervalo de leitura de 1 segundo em cada plano.

Neste trabalho as varreduras de amostra das espécies analisadas foram organizadas em coleções de dados criadas e projetadas pelo dispositivo no SCiO Lab, acessado a partir de um navegador de desktop. Essas coletas foram feitas em número suficiente para construir uma coleção significativa onde foi possível usar a plataforma para filtrar e analisar os dados e construir modelos. Por fim, após finalizar a coleta, os dados foram analisados e resumidos em modos de processamento. A partir do modelo criado, foram feitos testes de verificação para mensurar a acurácia do processo para no fim se ter a criação de uma tecnologia para identificação automática das espécies que irá analisar e abstrair características obtidas na mecânica da madeira com o auxílio de inteligência computacional. Esta tecnologia poderá futuramente ser um sistema construído através do Kit de Desenvolvimento de Software (SDK) móvel ofertado pelo desenvolvedor do aparelho. Na figura abaixo é possível verificar as etapas do processo de medição com o dispositivo:

Figura 5: Processo de criação da tecnologia com SCiO Sensor.



Fonte: SCiO Developers, 2020.

Figura 6: Processo de criação do projeto executado pela pesquisadora com SCiO Sensor.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

5.4 Criação do modelo e verificação de acurácia

Os modelos criados são do tipo “classificação” que se utiliza da diferenciação entre as categorias com base na impressão digital espectral de seus componentes. Neste modelo as respostas de digitalização estão relacionadas a uma das classes coletadas. O que significa que ao realizar leituras de teste, a resposta a ser dada será uma das opções coletadas mesmo que a amostra teste não esteja listada entre estas. Contudo, na criação do modelo na plataforma do desenvolvedor do Scio, pode-se utilizar o recurso “*Outlier Detection*”, que produzirá uma resposta de “nulo” para materiais não reconhecidos.

Dentro da plataforma do desenvolvedor na área de criação de modelos podemos fazer a escolha dos tipos de processamento, da área espectral a ser analisada, dos recursos a serem implementados em cada um dos modelos criados e da forma que será feito os testes. Na construção de um modelo adequado, a limpeza de dados deve ser feita até que os *outliers*² e anomalias sejam removidos da coleção, com o objetivo de eliminar ou reduzir a variância aleatória para se obter uma resposta melhor a análise (EMBRAPA, 2018).

² dados que se diferenciam drasticamente de todos os outros e podem causar anomalias nos resultados de análises.

O primeiro modelo de teste criado foi realizado sem filtro com os atributos de “plano de corte” dos modos transversal e longitudinal ativados (o que significa a leitura dos espectros nos dois planos). O modo de processamento como ((log)R) e normalizado que se utiliza dos algoritmos de processamento 2ª derivada, WL e SNV com comprimento de onda de 800 para 1000nm, usando 1 (um) scanner por amostra para calcular o resultado do modelo e para validação cruzada utilizamos o atributo “*sample*”, que corresponde a todas as amostras, com número de ondas igual a 5 (cinco). O recurso detecção de *outlier* foi ativado e o resultado do modelo pode ser visto na figura a seguir mostrando que no pré processamento de teste da base amostral, feita com 20 por cento de amostras da base de dados comparando com o restante da base, possui um desempenho de 0,9481 dentre todas as classes coletadas, e quanto mais próximo de 1 chegar mais eficaz mostra ser de acordo com o desenvolvedor da tecnologia.

Figura 7: Desempenho do modelo 1.

Target: tipo de madeira
desempenho: F1 = 0,9481

Tauari	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	98%
Tatajuba	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	0%
Papapara	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Muracatiar...	0%	0%	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	0%
Maçarandub...	0%	0%	0%	0%	99%	0%	0%	0%	0%	0%
Jatobá	0%	0%	0%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ipê	0%	1%	95%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Garapa	0%	1%	99%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cumaru	0%	96%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
cedro	98%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

Classe Conhecida: cedro, Cumaru, Garapa, Ipê, Jatobá, Maçarandub..., Muracatiar..., Papapara, Tatajuba, Tauari

Fonte: Scio Lab, 2021.

O segundo modelo de teste criado foi realizado sem filtro com os atributos de “plano de corte” dos modos transversal e longitudinal ativados. O modo de processamento como ((log)R) e normalizado, usando 3 (três) scanners por amostra para calcular o resultado do modelo e para validação cruzada utilizamos o atributo “*sample*” com número de ondas igual a 10 (dez). O recurso detecção de *outlier* foi ativado e o resultado do modelo pode ser visto na figura a seguir, e mostra que o modelo possui um desempenho de 0,966:

Figura 8: Desempenho do modelo 2.

Target : tipo de madeira
Performance : F1 = 0.966 |

Tauari	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Tatajuba	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Papara	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Muracatiar...	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	0%	0%	0%
Maçarandub...	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Jatobá	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Ipê	0%	0%	0%	96%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Garapa	0%	1%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cumarú	0%	98%	1%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cedro	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Classified Known Class	Cedro	Cumarú	Garapa	Ipê	Jatobá	Maçarandub...	Muracatiar...	Papara	Tatajuba	Tauari

Fonte: Scio Lab, 2021.

O terceiro modelo de teste criado foi realizado sem filtro com os atributos de “plano de corte” dos modos transversal e longitudinal ativados. O modo de processamento como ((log)R) e normalizado, usando 1 (um) scanner por amostra para calcular o resultado do modelo e para validação cruzada utilizamos o atributo “sample” com número de ondas igual a 10 (dez). O recurso detecção de *outlier* foi ativado e o resultado do modelo pode ser visto na figura a seguir, e mostra que o modelo possui um desempenho de 0,968:

Figura 9: Desempenho do modelo 3.

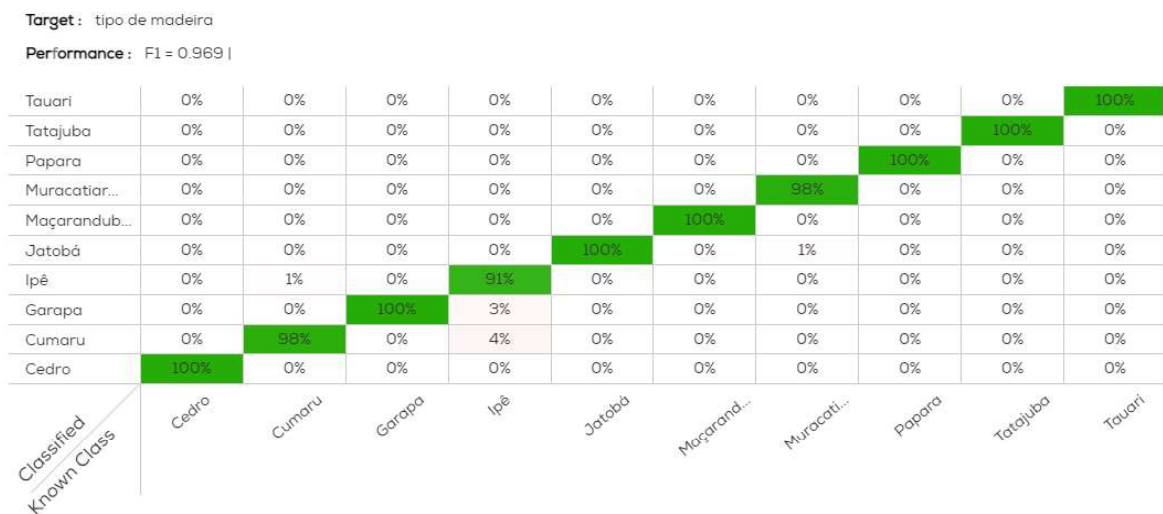
Target : tipo de madeira
Performance : F1 = 0.968 |

Tauari	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Tatajuba	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Papara	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
Muracatiar...	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	0%	0%	0%
Maçarandub...	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Jatobá	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Ipê	0%	0%	0%	96%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Garapa	0%	1%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cumarú	0%	98%	1%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cedro	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Classified Known Class	Cedro	Cumarú	Garapa	Ipê	Jatobá	Maçarandub...	Muracatiar...	Papara	Tatajuba	Tauari

Fonte: Scio Lab, 2021.

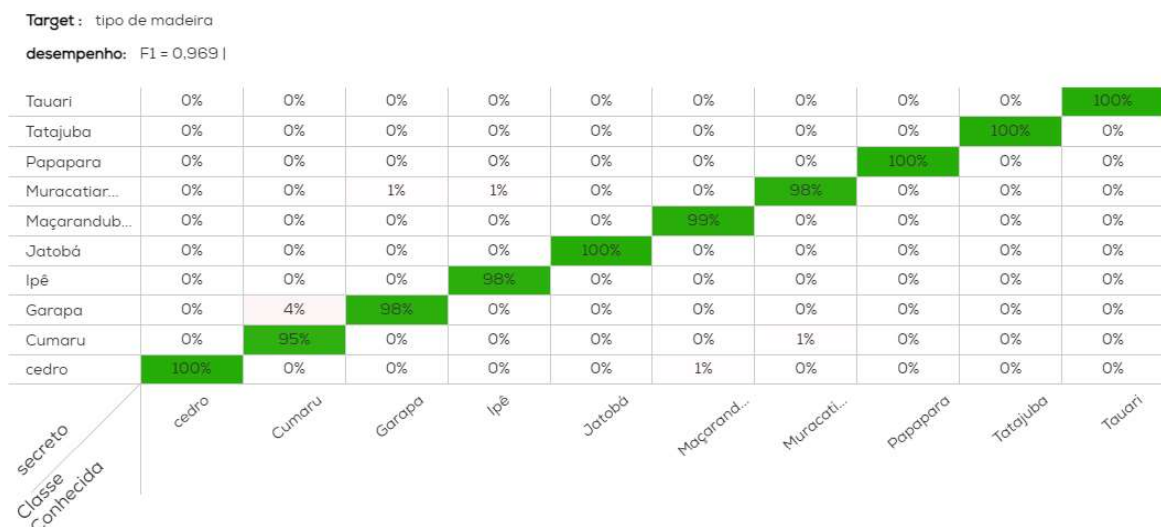
O quarto e quinto modelos de teste criados foram realizados com os filtros dos atributos de “plano de corte” dos modos transversal e longitudinal reespectivamente, reduzindo a base consultada para as amostras dos referentes planos. O modo de processamento como ((log)R) e normalizado, usando 1 (um) scanner por amostra para calcular o resultado do modelo e para validação cruzada utilizamos o atributo “sample” com número de ondas igual a 10 (dez). O recurso detecção de *outlier* foi ativado e o resultado dos modelos podem ser vistos nas figuras a seguir, e mostram que os modelos possuem um desempenho de 0,969:

Figura 10: Desempenho do modelo 4.



Fonte: Scio Lab, 2021.

Figura 11: Desempenho do modelo 5.



Fonte: Scio Lab, 2021.

Tabela 2: Modelos e configurações.

	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4	MODELO 5
PLANO DE CORTE	transversal longitudinal	transversal longitudinal	transversal longitudinal	transversal	longitudinal
MODO DE PROCESSAMENTO	((log)R) normalizado	((log)R) normalizado	((log)R) normalizado	((log)R) normalizado	((log)R) normalizado
SCANNER POR AMOSTRA	1	3	1	1	1
Nº DE ONDAS	5	10	10	10	10
DETECÇÃO DE OUTLIER	sim	sim	sim	sim	sim
DESEMPENHO NO PRÉ-PROCESSAMENTO	0,9481	0,966	0,968	0,969	0,969

Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

6. RESULTADOS

Com a coleta das 20.000 (vinte mil) espectros no banco de dados concluídas foram definidos os métodos de pré-processamento a serem aplicados e a criação de modelos quimiométricos para realizar testes de verificação. O teste consistiu na leitura de 10 (dez) amostras aleatórias de cada uma das espécies da tabela 1. E foi verificado o reconhecimento pelos 5 (cinco) modelos criados. Como resultados temos que o modelo 1 (um) conseguiu identificar bem o grupo de espécies cedro e jatobá pelo plano longitudinal e as espécies tauari e jatobá pelo plano transversal, teve algum reconhecimento das espécies muracatiara, ipê, tatajuba e cedro. O modelo 2 (dois) e 3 (três) tiveram uma porcentagem menor de reconhecimento das espécies, mas conseguiram de alguma forma identificar as espécies tauari, jatobá e tatajuba. O modelo 4 (quatro) que foi criado para ler apenas o plano longitudinal radial obteve êxito com o grupo de espécies jatobá e tauari e teve algum reconhecimento de espécies tatajuba e cedro. O modelo 5 (cinco) criado para ler apenas o plano transversal, obteve êxito com a espécie jatobá e algum reconhecimento das espécies tauari e tatajuba. A tabela de reconhecimento em porcentagem segue abaixo:

Tabela 3: Porcentagem de reconhecimento de amostras a partir dos modelos criados.

	<i>leituras</i>	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	MODEL O 5
		<i>LONG</i>	<i>TRAN</i>	<i>LONG</i>	<i>TRAN</i>	<i>LONG</i>	<i>TRAN</i>	<i>LONG</i>	<i>TRAN</i>
1	Muracatiara	jatoba	10%	null	tatajuba jatoba	null	tatajub a	jatoba	null
2	Cedro	80%	40%	null	cumaru	10%	cumar u	30%	null
3	Maçarandub a	jatoba cedro	jatoba	null	null	null	null	null	jatoba cedro
4	Tauari	40%	99%	10%	30%	20%	null	99%	40%
5	Ipê	tatajuba	10%	null	tauari	null	tauari	null	tauari
6	Parapará	tatajuba jatoba	tatajub a	null	tatajuba	null	tatajub a	jatoba	tatajuba
7	Jatobá	99%	99%	30%	50%	30%	40%	70%	99%
8	Tatajuba	80%	60%	40%	10%	50%	20%	40%	40%
9	Garapa	jatoba cedro	jatoba cedro	jatoba cedro	jatoba cedro	cedro	tauari	jatoba cedro	jatoba
10	Cumaru	jatoba	jatoba	jatoba	jatoba	jatoba	jatoba	jatoba	jatoba

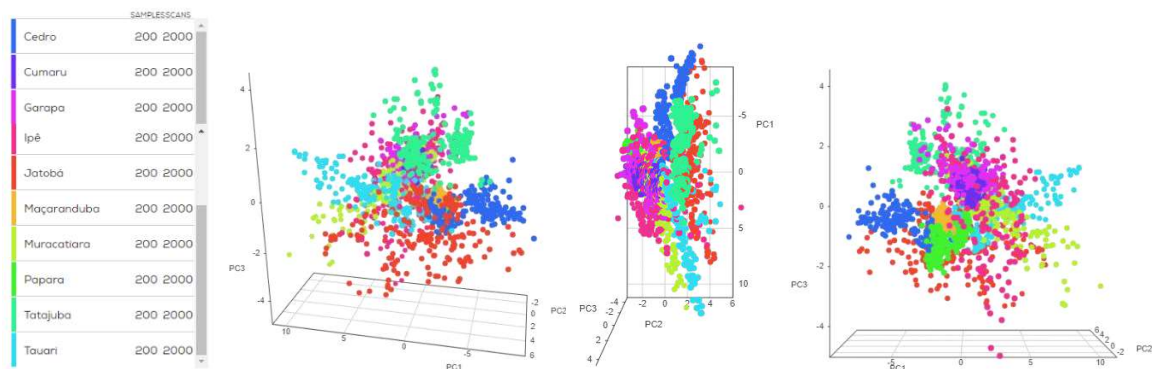
Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Os modelos criados bem como a quantidade de amostras de testagem foram realizados desta forma para conferência da eficácia dos métodos de processamento. Podemos perceber então a partir da tabela 3 que as espécies Jatobá, Tatajuba, Cedro e Tauari foram melhor reconhecidas pelo modelo 1 que é um modelo mais simples. As espécies Jatobá e Tauari foram reconhecidas também pelo modelo 4 e as demais tiveram pouco ou nenhum reconhecimento.

Houveram alguns reconhecimentos falsos também que estão expostos na tabela 3 e identificaram espécies erroneamente como é o caso das leituras feitas nos grupos de espécies muracatiara, cumaru, garapa e tatajuba que foram identificadas em maior parte como jatobá. Essa identificação pode ser o resultado das sobreposições de leituras devido a características semelhantes das espécies bem como a qualidade dos corpos de teste haja visto que o tratamento dado a amostra influencia na leitura eficiente do espectro ao se comparar com o banco de dados que foi criado com amostras tratadas de madeira seca e lixada.

Esses resultados se justificam uma vez que ao observar o gráfico das espécies (figura 12) por Análise de Componentes Principais (PCA), uma técnica usada para enfatizar a variação e trazer padrões fortes no espectro com visão em 3 dimensões, as características das espécies em seus espectros coletados se mostram com uma maior facilidade nas espécies em vermelho (jatobá), azul claro e escuro (tauari e cedro), verde (tatajuba) que estão mais dispersas, mas terá alguma dificuldade em discernir as espécies representadas pelas cores laranja (maçaranduba), rosa (ipê), verde claro (muracatiara), verde forte (parapara) e roxo (garapa) que estão bem sobrepostas com as outras cores. O que pode significar algumas interferências nas amostras coletadas como espécies com variantes, alterações químicas nas amostras, dentre outros.

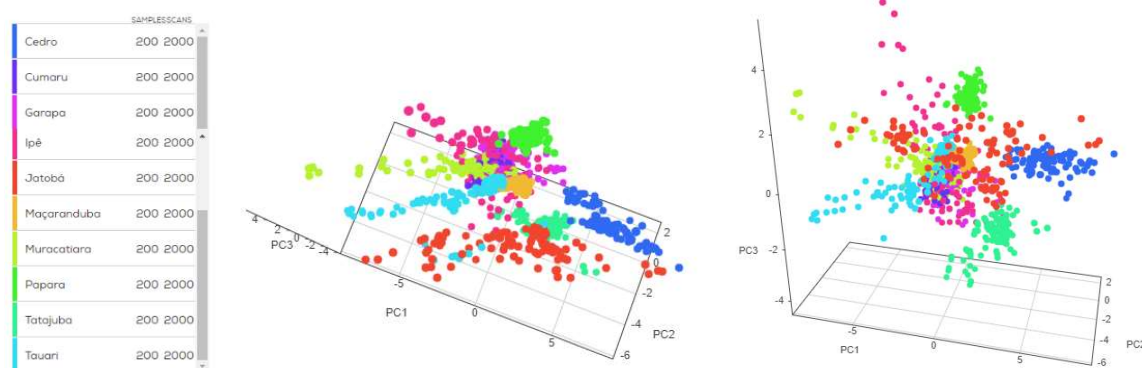
Figura 12: Análise PCA de espectros de 5 amostras de madeira seca e lixada em cortes longitudinal radial e transversal.



Fonte: Scio Lab, 2021.

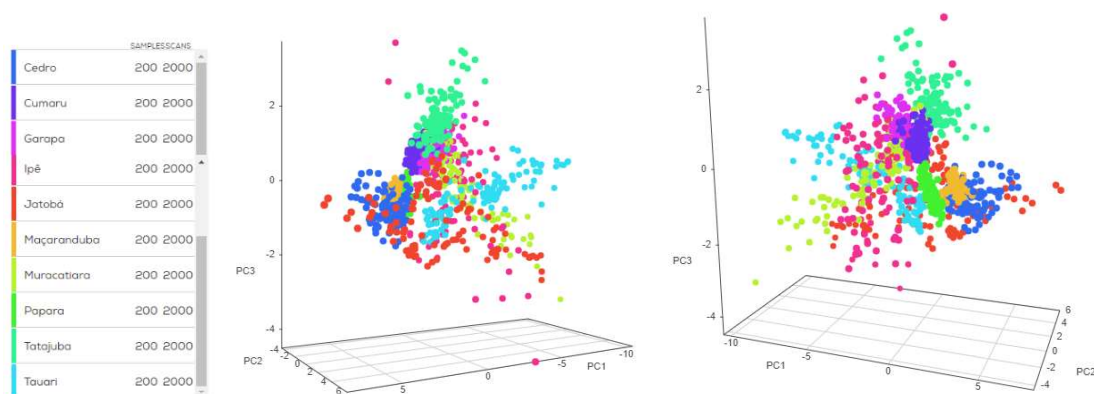
Como pode ser visto na Figura 12, os espectros em diferentes cortes de algumas bandas espectrais até se sobrepõem, o que trará grandes desafios para o algoritmo de classificação. Ao analisar as todas as espécies por corte conseguimos perceber que as amostras com corte longitudinal radial (Figura 13) possuem uma melhor visualização pois seus pontos estão mais afastados, o que indica uma melhor identificação no modelo comparado as amostras de corte transversal (Figura 14) que se encontram com pontos mais sobrepostos na maioria das espécies analisadas.

Figura 13: Análise PCA de amostras com corte longitudinal radial.



Fonte: Scio Lab, 2021.

Figura 14: Análise PCA de amostras com corte transversal.



Fonte: Scio Lab, 2021.

7. DISCUSSÃO

A tecnologia NIRS, que é a associação da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e análise quimiométrica, tem sido vista como ferramenta para estudo de espécies produtoras de madeira e vem sendo proposta como alternativa para realizar a discriminação de gêneros, espécies e origens do material em alguns estudos descritos neste trabalho e o que se pode perceber é que os espectros coletados conseguem ser utilizados nessa caracterização a partir de uma base de dados NIR e de modelos criados.

Esta pesquisa pode ser estendida afim de se desenvolver novos modelos quimiométricos eficazes e capazes de identificar as espécies botânicas baseados nos dados gerados por espectroscopia de infravermelho de madeiras de espécies florestais comercializadas na Amazônia, seguidos da criação de um sistema de

identificação automática (aplicativo SDK). Após a criação de novos modelos, novos testes precisam ser feitos para constatar a acurácia e julgar a potencialidade de uso desta tecnologia no processo de identificação que poderá auxiliar sobremaneira no âmbito ambiental com potenciais sugestões para: o aprimoramento do desenvolvimento sustentável no manejo florestal, reforço nas fiscalizações de delitos ambientais e no setor comercial madeireiro, além também de contribuir na conservação ambiental e o desenvolvimento social na região amazônica.

As etapas definidas inicialmente não conseguiram ser executadas devido à pandemia e ao tempo de formação da pesquisadora. Havia projeções para realizar análises em três estados da madeira: a madeira seca, a madeira em tora e a madeira em pé. Contudo, devido ao período em que passamos, etapas em que seria necessário visitas a empresas e ao campo não foram realizadas, com isso, o projeto se desenvolveu apenas nas informações obtidas com a madeira seca (serrada e lixada) com foco na área comercial e ficando para trabalhos futuros as outras etapas de coletas.

Com as coletas de espécies nos três estados citados teremos totais recursos para uma análise mais minuciosa e precisa deste método de identificação e o uso deste equipamento portátil como auxílio.

As amostras coletadas foram retiradas de pátios de empresas que as nominaram, e identificadas posteriormente em laboratório por pesquisadores desta universidade, sendo assim, não houve confirmação taxonômica que garantiu a idoneidade da nomenclatura tauari, haja visto que nesta classe estavam contidas mais de uma espécie. Mas será que realmente apenas a espécie tauari teve variações e de que forma outros fatores podem ter influenciado nas análises?

Em relação a análise feita com as amostras coletadas foi percebido que as atribuições de bandas precisas são difíceis na região do infravermelho próximo de algumas espécies porque uma única banda pode ser atribuída a várias combinações possíveis de vibrações fundamentais e de harmônicas correspondentes a vários tipos florestais sendo rudemente sobrepostas. Haja visto a dispersão na composição e as características similares de alguns dos tipos se contrapondo nos gráficos obtidos.

7.1 VIABILIDADE DE EXECUÇÃO

O projeto foi executado a partir da colaboração de empresas parceiras e contou com a subvenção econômica do Instituto de Conservação Ambiental Chico Mendes o (ICMBio) que adquiriu o equipamento e disponibilizou para que esta pesquisa fosse realizada.

As amostras foram doadas por uma empresa privada beneficiadora de madeira e parceira da Universidade e do Laboratório de Tecnologia da Madeira – LTM da UFOPA, desta forma pode ser executado.

7.2 ENTREGÁVEIS DE ACORDO COM OS PRODUTOS DO TCC

- Construção de base de dados técnico-científicas;
- Desenvolvimento de aplicativos e materiais didáticos e instrucionais e de produtos, processos e técnicas;
- Elaboração de artigos originais e publicações tecnológicas;

8. CONCLUSÃO

Ao investigar a potencialidade da identificação de espécies florestais a partir de espectros no infravermelho com um aparelho portátil se pode ter a pretensão de criar uma biblioteca espectral de espécies amazônicas mais abrangente com o aumento de espécies coletadas para auxiliar pesquisas futuras e avanços da identificação florestal, bem como, abranger os tipos de amostras capturadas incluindo provas de madeira em tora, já extraídas da floresta, e de madeira em pé, ou seja, árvores não extraídas no meio da floresta em contato com o ambiente natural e seus fatores interferentes.

A partir deste trabalho podemos verificar que existe alguma potencial identificação porém esta é individual por espécie, ou seja, para cada espécie funciona um modelo, um corte e captura de amostra específico que poderá integrar um sistema geral para que em estudos futuros haja a criação de um protótipo patenteado com o desenvolvimento de um aplicativo que se utilize do banco de dados e do modelo quimiométrico desenvolvido para realizar a identificação automática das classes amostrais do equipamento.

Após finalizado o protótipo pode ser implementado e divulgado este sistema de identificação de amostras de madeiras no comércio madeireiro local e regional bem como junto aos órgãos de fiscalização.

9. REFERÊNCIAS

BATISTA, Francielli R. R.; **Uso potencial do infravermelho próximo na discriminação de madeira e carvão de espécies da caatinga**. Orientador: Dra. Silvana Nisgoski. 2016. 91 f. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, Paraná, 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/43866.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.

BOTELHO, Izailene M. S.; **Uso da espectroscopia no infravermelho próximo (FT-NIR) como ferramenta na discriminação de espécies herborizadas de *Burseraceae* oriundas de diferentes locais da Amazônia Legal**. --- Manaus: [s.n.], 2017. 75 f.: il. Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2017. Orientador: Niro Higuchi. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/12749>. Acesso em 21 Out. 2019.

DORMONTT, E.E., Boner, M., Braun, B., Breulmann, G., Degen, B., Espinoza, E., et al., 2015. **Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging**. Biol. Conserv. 191, 790–798. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320715300033>> Acesso em 20 de Outubro de 2020.

DORNELES, Kelen. **Absortância Solar De Superfícies Opacas: Métodos De Determinação E Base De Dados Para Tintas Látex Acrílica E Pva**. Tese: Doutorado – USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Orientador: Maurício Roriz. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/280977893_ABSORTANCIA_SOLAR_DE_SUPERFICIES_OPACAS_METODOS_DE_DETERMINACAO_E_BASE_DE_DADOS_PARA_TINTAS_LATEX_ACRILICA_E_PVA> Acesso em 23 de Janeiro de 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Noções Morfológicas e Taxonômicas para Identificação Botânica**. Distrito Federal:

Brasília. 1ª edição. On-line (2014). Disponível em: www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes

FERREIRA, Gracialda C. **Diretrizes para coleta, herborização e identificação de material botânico nas parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira**. Amazonas: Manaus. Organização: Grupo Institucional de Monitoramento da Dinâmica de Crescimento de Florestas na Amazônia brasileira, GT Monitoramento de Florestas. 2006.

HADLICH, Hilana Louise. **O reconhecimento de espécies arbóreas em campo por meio da casca com o uso da espectroscopia no visível e infravermelho próximo na Amazônia Central**. Orientador: Joaquim dos Santos. 2017. 65 f. Tese (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA, Manaus, Amazonas, 2017. Disponível em: https://bdtd.inpa.gov.br/bitstream/tede/2553/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Hilana_vers%C3%A3o_Final_ATA_15_06_2017.pdf. Acesso em: 21 out. 2019.

HOSS, Kátia A.; **Tipos celulares da madeira**. 2013. Slide Disciplina: Anatomia da Madeira. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Disponível em: <https://pt2.slideshare.net/katiahoss/tipos-celulares-da-madeira/10>. Acesso em: 26 de Out. de 2020.

HOPKINS, M.; SILVA, R. **Identification, conservation and management plans in the Amazon**. Tropinet, Washington, DC, v. 14, p. 3–4, 2003.

HOPKINS, M. G.; THOMPSON, I. S.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; **Identificação botânica na Amazônia: situação atual e perspectivas**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003.

HOPKINS, M.J.G. 2007. **Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin**. *Journal of Biogeography*, 34(8): 1400-1411

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Agência IBGE Notícias. **Relatório de Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – PEVS 2019**. Disponível em sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2019. Acesso em: 30 Dez 2020.

LEITE, Diego de O.; PRADO, Rogério J.; **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio** (*Infrared spectroscopy: a presentation for high school students*). Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso. Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil Recebido em 19/11/2010; Aceito em 17/11/2011; Publicado em 2/6/2012

MARIN, Eder P.; **Espectroscopia de infravermelho e suas aplicações**. Universidade Estadual Paulista. Trabalho de Conclusão de curso, 73 f. São Paulo: Rio Claro, 2013.

MARTINS-DA-SILVA, R.C.V.; Hopkins, M.G.; Thompson, I.S. 2003. **Identificação botânica na Amazônia: situação atual e perspectivas**. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos 168, Belém, PA, BRA. 81pp.

OLIVEIRA, André A. de; **Identificação De Madeiras Utilizando A Espectrometria No Infravermelho Próximo E Redes Neurais Com A Heurística De Levenberg-Marquardt**. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia). Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, Paraná, 2013. Orientador: Paulo Henrique Siqueira. Disponível em <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/32422/R%20-%20D%20-%20ANDRE%20ANASTACIO%20DE%20°LIVEIRA.pdf> ;sequence=1. Acesso em 21 Out. 2019.

PASTORE, T.C.M., Braga, J.W.B., Coradin, V.T.R., Magalhães, W.L.E., Okino, E.Y.A., Camargos, J.A.A., Muñiz, G.I.B., Bressan, O.A., Davrieux, F., 2018. **Near infrared spectroscopy (NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar woods: Discrimination of true mahogany, cedar, andiroba, and curupixa**. *Holzforschung* 65, 73–80

PIZZOLATTI, G.M. **Textos Curriculares de Análise Orgânica**. Departamento de Química – UFSC, cap. 4, 2011. Disponível em: <<https://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Apostila-Espectrometria-No-Infravermelho/49998156.html>> Acesso em 14 de Mar de 2021.

PONTE, Márcio J. Moutinho da. **Referencial Semântico No Suporte Da Identificação Botânica de Espécies Amazônicas**. Orientador: Celson Pantoja

Lima. 2017. 190 f. Dissertação (Doutorado Sanduiche em Engenharia Electrotécnica e de Computadores e em Sociedade Natureza e Desenvolvimento) - Universidade Nova de Lisboa e Universidade Federal do Oeste do Pará, Lisboa, Portugal/Santarém, Brasil, 2017. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/42281>. Acesso em: 7 jul. 2019.

PROCOPIO, Lílian Costa; SECCO, Ricardo de Souza. **A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do "tauari" (Couratari spp. e Cariniana spp. - Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no estado do Pará.** Acta Amaz. Manaus , v. 38, n. 1,p. 31-44, 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672008000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 05 Out. 2020.

SORAK, Damir; HERBERHOLZ, Lars; IWASCEK, Sylvia; ALTINPINAR, Sedakat; PFEIFER, Frank; & SIESLER, Heinz W. (2012): **New Developments and Applications of Handheld Raman, Mid-Infrared, and Near-Infrared Spectrometers, Applied Spectroscopy Reviews**, 47:2, 83-115. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/05704928.2011.625748>>. Acesso em 01 de Outubro de 2020.

UNICENTRO, **Manual De Instruções Para Coleta, Identificação E Herborização De Material Botânico.** Programa de Desenvolvimento Educacional. Paraná: Laranjeiras do sul. 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/733-2.pdf>. Acesso em 22 de Fev. de 2021.

VERÍSSIMO, A., Barreto, P., Mattos, M., Tarifa, R., e Uhl, C. 1996. **Impactos da atividade madeireira e perspectivas para o manejo sustentável numa velha fronteira amazônica: o caso de Paragominas.** Imazon, Belém, Pará. p. 41-74.

Website Boas Novas MG. **Brasileiro ama a Amazônia e quer preservação da floresta.** Por Boas Novas, 2020. Disponível em: <boasnovasmg.com.br>. Acesso em 30 de Dez de 2020.

Website Portal da CÂMARA DE DEPUTADOS. **Rádio Câmara (Salão Verde) - Os crimes ambientais e a dificuldade de punição.** 2017. Por Cynthia Sims e

Lincoln Macário. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/radio/programas/517332-os-crimes-ambientais-e-a-dificuldade-de-punicao/>>. Acesso em 22 de Fev. de 2021.

Website IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Informações sobre madeiras**. 2021. Disponível em: [https://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/ busca](https://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca). Acesso em 08 de Jan. de 2021.

Website SBB – Sociedade Botânica do Brasil. **Catálogo da Rede Brasileira de Herbários**. (2020). Disponível em: <https://www.botanica.org.br/catalogo-da-rede-brasileira-de-herbarios/>. Acesso em 20 de Out. De 2020.

Website EEPA-INPA - Grupo de Pesquisa Ecologia e Evolução de Plantas Amazônicas. **Protocolo para coleta, herborização e identificação de espécimes vegetais**. 2016. Disponível em: <http://www.botanicaamazonica.wiki.br/labotam/doku.php?id=projetos:sgc:natura:protocolos:coleta>> Acesso em 24 de Mai. De 2021.

Website IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Identificação de madeiras - Curso do IPT em Mato Grosso colabora para dar suporte à fiscalização da atividade madeireira**. 2012. Disponível em: http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=507. Acesso em 30 de Mai de 2021.

Website LPF – Laboratório de Produtos Florestais. **Banco de Dados Madeiras Brasileiras**. 2021. Disponível em: <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/bd-madeiras-brasileiras>. Acesso em 30 de Mai de 2021.

Website MMA – Ministério de meio ambiente. **Identificação de madeira ajuda a evitar fraude em transporte**. 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/identificacao-de-madeira-ajuda-a-evitar-fraude-em-transporte>. Acesso em 30 de Mai. De 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A - MATRIZ SWOT (FOFA)

	AJUDA	ATRAPALHA
INTERNA (Organização)	FORÇAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. Parcerias com Fornecedores; 2. Equipamento portátil; 3. Plataforma de fácil uso; 4. Análises e testes rápidos; 	FRAQUEZAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. Idoneidade das amostras; 2. Qualidade das amostras; 3. Tratamento de dados; 4. Análises e testes;
EXTERNA (Ambiente)	OPORTUNIDADES: <ol style="list-style-type: none"> 1. Avanço na área da botânica; 2. Uso da tecnologia; 3. Auxílio na identificação; 4. Parcerias Estratégicas; 	AMEAÇAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de idoneidade de amostras; 2. Pandemia; 3. Falta de amostras; 4. Tempo;

APÊNDICE B – Modelo de Negócio CANVAS

Parcerias Chave: <ol style="list-style-type: none"> 1. Madeireiras; 2. Laboratório de Tecnologia da Madeira; 3. Órgão de conservação ambiental; 	Atividades Chave: <ol style="list-style-type: none"> 1. Separação; 2. Coletas; 3. Testes; 4. Criação; 	Propostas de Valor: <ol style="list-style-type: none"> 1. Dispositivo portátil; 2. Banco espectral; 3. Identificação automática; 4. Artigo científico; 	Relacionamento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Universidade; 2. Coletas; 3. Testes; 4. Madeireiras; 	Segmentos de Clientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Empresas privadas: Serrarias; 2. Órgão governamental: Projetos governamentais de manejo; 3. Projetos de manejo florestal;
	Recursos Chave: <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisão de literatura; 2. Aquisição do equipamento; 3. Identificação dos recursos oferecidos pelo equipamento; 4. Identificação da melhor aplicação estrutural da madeira; 5. Ensaio e 		Canais: <ol style="list-style-type: none"> 1. Universidade; 2. Madeireiras; 	

	criação de um banco de dados de espécies florestais; 6. Criação de modelos de tratamento de dados para identificação automática; 7. Produção de artigos			
Estrutura de Custos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aquisição patrocinada; (U\$1200) 2. Estudo de custos; 3. Deslocamento; 4. Coleta; 5. Amostras; 6. Desenvolvimento; 		Fontes de Receita: <ol style="list-style-type: none"> 1. Universidade Federal do Oeste do Pará; 2. ICMBio 		