



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Pricila Camila Melo Silva

INFERÊNCIA DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DA MADEIRA POR MEIO DO ENSAIO DE ESCLEROMETRIA

Palmas – TO

2016/1

Pricila Camila Melo Silva

INFERÊNCIA DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DA MADEIRA POR MEIO DO
ENSAIO DE ESCLEROMETRIA

Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Profa. Elizabeth Hernández Zubeldia.
Mestre/Especialista em Geotecnia.

Palmas – TO

2016/1

Pricila Camila Melo Silva

Pricila Camila Melo Silva
INFERÊNCIA DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DA MADEIRA POR MEIO DO
ENSAIO DE ESCLEROMETRIA

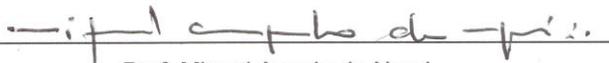
Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Profa. Elizabeth Hernández Zubeldia.
Mestre/Especialista em Geotecnia

BANCA EXAMINADORA



Profa. M.Sc.Elizabeth Hernández Zubeldia
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Miguel Angelo de Negri

Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Fabrício Bassani dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas

RESUMO

A madeira trata-se de um importante material para a construção civil em todo o mundo e, no Brasil, sua relevância também é acentuada. Apesar de ser usada desde os tempos mais remotos, os recursos tecnológicos permitiram que esse recurso pudesse ser beneficiado e alterado conforma as demandas do mercado e, assim, sua aplicação torna-se ainda mais comum. De forma geral, os custos relacionados a obras exclusivamente em madeira são menores e, além disso, é preciso enfatizar que mesmo em obras cujo material de construção principal é outro, a madeira será aplicada em algumas etapas da obra. Diante dessa realidade, este trabalho foi conduzido com o objetivo primário de realizar uma comparação entre a resistência à compressão paralela e perpendicular à fibra da madeira, obtida por ensaios padronizados e pelo esclerômetro. Para tanto, tornou-se necessário avaliar a resistência à compressão paralela e perpendicular à fibra da madeira de uso comum na construção civil no Estado do Tocantins por meios de ensaios padronizados, para a condição de umidade equilíbrio, bem como realizar comparações entre índices esclerométricos e resistências obtidas nos ensaios padronizados. Procedeu-se de um estudo bibliográfico, com o intuito de formar uma base teórica consistente, clara e confiável para embasar este estudo, bem como um estudo de campo, com diferentes amostras de madeira de tipos específicos, que foram testadas com esclerômetro. Os dados foram registrados através de quadros e gráficos, como forma de tornar sua compreensão mais clara. Procedeu-se do teste de compressão paralela as fibras, com base na NBR 7190, tendo sido os corpos de prova nomeados como CP I, CP II, CP III e CP IV. Identificou-se que, de forma geral, o Angelim Pedra apresentou os melhores resultados na maioria dos testes conduzidos.

Palavras-chave: Construção civil. Madeira. Resistência. Esclerômetro.

ABSTRACT

The wood is an important material for the construction industry worldwide and, in Brazil, its relevance is also accentuated. Despite being used since the earliest times, the technology allowed these resource could be benefited and changed conforming the market demands and thus its implementation becomes even more common. In general, the costs related to works exclusively in wood are smaller and, in addition, it is necessary to emphasize that even in works whose main building material is another, the wood will be applied in a few steps. Facing this reality, this work was carried out with the primary objective to conduct a comparison of compression strength parallel and perpendicular to the fiber of the wood, obtained by standardized testing and the sclerometer. To do so, it became necessary to assess compression and strength in parallel and perpendicular ways of the wood fiber in commonly types used in construction in Tocantins State by means of standardized tests for the condition of moisture balance, as well as perform comparisons between sclerometer and resistance indexes obtained on standardized tests. It was proceeded a bibliographical study, in order to form a consistent, clear and reliable theoretical basis, to support this study, as well as a field study with different wood samples of specific types, that have been tested with sclerometer. The data were reported through through tables and charts as a way to make them clearer to understand. The test of fibers parallel compression was carried out based on NBR 7190, having been named as test bodies CP I, CP II, CP and CP III IV. It was identified that, in general, the type of wood Angelim Pedra presented the best results in most tests conducted.

Key-words: Construction. Wood. Resistance. Sclerometer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Propriedades químicas da Madeira.....	21
Figura 2: Sequência de execução do ensaio de esclerometria.....	24
Figura 3: Esclerômetro.....	25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela	43
Gráfico 2: Resistência à compressão normal e esclerometria normal.....	44
Gráfico 3: Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela	45
Gráfico 4: Resistência à compressão normal e esclerometria normal.....	46
Gráfico 5: Resistência à compressão paralela (amostra padrão), esclerometria paralela (amostra tipo 1) e esclerometria paralela (amostra tipo 2)	47
Gráfico 6: Resistência à compressão paralela (amostra padrão), esclerometria paralela (amostra tipo 1) e esclerometria paralela (amostra tipo 2)	48
Gráfico 7: Variação de porcentagem do ensaio de compressão paralela (amostra padrão), entre esclerometria paralela (amostra tipo 1) e esclerometria paralela (amostra tipo 2).....	48
Gráfico 8: Variação de porcentagem do ensaio de compressão normal (amostra padrão), entre esclerometria paralela (amostra tipo 1) e esclerometria paralela (amostra tipo 2).....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição dos testes realizados	28
Quadro 2: ANGELIM PEDRA	30
Quadro 3: PEQUIÁ	31
Quadro 4: PINUS ELLIOTTI	31
Quadro 5: CEDRO DOCE	32
Quadro 6: ANGELIM PEDRA	33
Quadro 7: PEQUIÁ	33
Quadro 8: PINUS ELLIOTTI	33
Quadro 9: CEDRO DOCE	34
Quadro 10: ANGELIM PEDRA	34
Quadro 11: PEQUIÁ	35
Quadro 12: PINUS ELLIOTTI	35
Quadro 13: CEDRO DOCE	36
Quadro 14: ANGELIM PEDRA	36
Quadro 15: PEQUIÁ	37
Quadro 16: PINUS ELLIOTTI	37
Quadro 17: CEDRO DOCE	38
Quadro 18: ANGELIM PEDRA	38
Quadro 19: PEQUIÁ	39
Quadro 20: PINUS ELLIOTTI	39
Quadro 21: CEDRO DOCE	40
Quadro 22: ANGELIM PEDRA	40
Quadro 23: PEQUIÁ	41
Quadro 24: PINUS ELLIOTTI	41
Quadro 25: CEDRO DOCE	42
Quadro 26: Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela.....	42
Quadro 27: Resistência à compressão normal e esclerometria normal	43
Quadro 28: Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela.....	44
Quadro 29: Resistência à compressão normal (amostra padrão) e esclerometria normal (amostra tipo 2)	45
Quadro 30: Resistência à compressão paralela (amostra padrão), esclerometria paralela (amostra padrão) e esclerometria paralela (amostra bloquinho)	46

Quadro 31: Resistência à compressão normal (amostra padrão), esclerometria normal (amostra tipo1) e esclerometria normal (amostra tipo 2)	47
Quadro 32: Variação de porcentagem da amostra tipo 1 e amostra tipo 2	48
Quadro 32: Variação de porcentagem da amostra padrão, amostra tipo 1 e amostra tipo 2	50
Quadro 34: Umidade Angelim Pedra.....	52
Quadro 35: Umidade Pequiá.....	53
Quadro 36: Umidade Pinus Elliottii.....	54
Quadro 37: Umidade Cedro Doce	55
Quadro 38: Densidade dos quatro tipos de madeira	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
1.2	Justificativa e Importância do Trabalho	11
1.3	Estrutura do Trabalho	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	As origens da construção civil	14
2.2	O uso da madeira na construção civil	15
2.2.1	Propriedades físicas da madeira	18
2.2.2	Propriedades mecânicas da madeira	20
2.2.3	Propriedades químicas da madeira	21
2.3	Ensaio esclerométrico	22
3	METODOLOGIA	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1	Compressão paralela às fibras	30
4.2	Compressão normal às fibras	33
4.3	Esclerômetro de reflexão – esclerometria paralela – amostra tipo 1	34
4.4	Esclerômetro de reflexão – esclerometria normal – amostra tipo 1	36
4.5	Esclerômetro de reflexão – esclerometria paralela – tipo 2	38
4.6	Esclerômetro de reflexão – esclerometria normal – tipo 2	40
4.7	Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela	42
4.8	Umidade	51
4.9	DENSIDADE	56
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	ANEXOS	63

1 INTRODUÇÃO

O ramo de construção civil vem se desenvolvendo grandemente nos últimos anos, tendo recebido o incentivo de inúmeras tecnologias que permitiram a construção de estruturas cada vez maiores e mais seguras, visando-se o menor impacto ambiental e a maior satisfação das necessidades sociais.

Sabe-se que na antiguidade o homem vivia de forma sedentária, locomovendo-se em todo o território em busca de locais apropriados para a caça e pesca, visando seu sustento. Quando o homem percebe que a agricultura pode lhe ser de grande valia, proporcionando-lhe sustento e produção de excessos para a comercialização, o homem passa a se estabelecer em um único local, demandando da construção de moradias. (VARELLA, 2012).

Passam a se estruturar, assim, as sociedades, que cresceram muito ao longo dos anos e levaram à necessidades de moradias cada vez maiores. Além disso, a industrialização dos meios de produção fez com que outras necessidades estruturais surgissem, necessidades por estruturas que abrigassem as fábricas, que deveriam ser maiores e de grande durabilidade.

Nessa época as construções eram feitas com os materiais disponíveis na natureza, como pedras e a madeira, porém, com o desenvolvimento tecnológico surgem novas possibilidades de construção, como os metais e o concreto.

A madeira ainda é amplamente utilizada na sociedade atual, sendo que dentro da construção civil apresenta um papel muito relevante, tanto para seu desenvolvimento quanto na estrutura final. Sabe-se que a madeira apresenta diferentes propriedades, que variam de acordo com a espécie utilizada, porém, destaca-se que características estruturais da madeira, bem como sua umidade, interferem em sua constituição. (BELTRAME et al, 2010).

Assim sendo, estudar diferentes características, como rigidez, resistência e compressão, torna-se essencial para que um profissional da área da construção civil possa identificar o tipo de madeira mais apropriada não apenas ao tipo de construção que pretende desenvolver, mas com base também nas características peculiares do local no qual a obra será conduzida, como temperatura, umidade, altitude, etc. (SORIANO et al, 2011).

Existem muitos métodos para a análise das características físicas e mecânicas da madeira, porém, no presente os ensaios não destrutivos vêm sendo preconizados, já que além de permitirem a verificação das propriedades que o pesquisador necessita compreender, os corpos de prova não precisam ser descartados após o ensaio, de modo que o desperdício torna-se muito menor. (CANDIAN; SALES, 2005).

A esclerometria trata-se de método muito eficiente, que não demanda do descarte da madeira após a aplicação dos testes, além de ser fácil, rápida e poder ser aplicada no campo, não demandando necessariamente da estrutura de um laboratório para sua adequada condução e obtenção dos resultados esperados. (CANDIAN; SALES, 2005).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma comparação entre a resistência à compressão paralela e perpendicular à fibra da madeira, obtida por ensaios padronizados e pelo esclerômetro.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a resistência à compressão paralela e perpendicular à fibra da madeira de uso comum na construção civil no Estado do Tocantins por meios de ensaios padronizados, para a condição de umidade equilíbrio.
- Realizar comparações entre índices esclerométricos e resistências obtidas nos ensaios padronizados.

1.2 Justificativa e Importância do Trabalho

Segundo Cruz H (2011, p. 216-217) a madeira é um material com grande disponibilidade de espécie atendendo vários objetivos, por isso é tão requisitada e aplicada na construção civil em grande variedade de situações, mas sofre com a

falta de cuidados na construção e na manutenção, e por isso sempre é o primeiro material que mostra deficiência de estanqueidade e conseqüentes problemas de umidade excessiva na construção, que têm de ser resolvidos.

Ainda segundo Cruz H (2011, p. 216-217), comparada a outros materiais, a madeira tem por necessidade um foco maior com campanhas que incentivem a inspeções periódicas para avaliar o estado de conservação da madeira em forma de estrutura ou não estrutura na construção, afim, de haver manutenções necessárias. Por falta de intervenções, é frequentemente realizado demolição de estruturas que poderiam com vantagem ser mantidas em serviço.

Fábio Bottega (2010, p. 19) afirma que estudos revelam que para a avaliação da resistência da madeira ou de qualquer outro tipo de material, o método mais aceito é o de extração de corpo de prova, porem para estrutura já danificada ou antiga é inviável a retirada de corpo de prova, podendo danificar mais ainda o elemento estrutural, e por isso, é muitas vezes evitado. Para a resolução desse problema, é onde surge a vantagem de ensaios não destrutivos e realizado in loco, e por isso tem uma tendência de aceitação crescente na engenharia. Suas aplicações, entretanto necessitam de estudos mais aprofundados.

O ensaio esclerométrico é um ensaio não destrutivo bastante difundido e possui muitas vantagens em relação a outros ensaios. No entanto, sua aplicação é realizada em concreto e seus resultados são obtidos em grande aproveitamento com ótima resolução. Com a mesma facilidade na aplicação no concreto, o ensaio pode ser aplicado na madeira, trazendo então a solução da carência de inspeções e avaliação do estado da madeira, fazendo jus a uma pesquisa científica. Fábio Bottega (2010, p. 20).

Esta pesquisa visa aplicar o ensaio de esclerometria para a determinação da resistência da madeira. Como resultado, serão gerados dados que permitirão definir se é possível utilizar o ensaio, que hoje é amplamente utilizado em concreto, nas estruturas de madeira, trazendo as vantagens da técnica não destrutiva para sua aplicação neste material.

1.3 Estrutura do Trabalho

Para sua maior organização e compreensão, este trabalho foi desenvolvido em forma de capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma introdução geral ao tema, bem como os objetivos estabelecidos para nortear o desenvolvimento do estudo, a justificativa e importância do trabalho, bem como sua estrutura.

O segundo capítulo encampa o referencial teórico do trabalho, dentro do qual se encontram as origens da construção civil, o uso da madeira na construção civil, as propriedades físicas da madeira, as propriedades mecânicas da madeira, as propriedades químicas da madeira e os conceitos do ensaio esclerométrico.

No terceiro capítulo está descrita a metodologia utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho, bem como os procedimentos aplicados para os testes realizados com a madeira.

No quarto capítulo encontram-se os resultados obtidos, que também são discutidos de acordo com a compressão paralela às fibras, a compressão normal às fibras, esclerômetro de reflexão.

Por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros, bem com as referências bibliográficas consultadas para a formulação do presente estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 As origens da construção civil

Para compreender a construção civil e seu desenvolvimento, insta destacar que, inicialmente, não havia a construção de estruturas para moradia, tampouco havia atividades comerciais que demandassem delas. Isso ocorria, pois o homem vivia de forma nômade, ou seja, viajada pelos territórios procurando os melhores lugares para a caça e pesca, não construindo para si um local de moradia, mas habitando cavernas e outros locais que encontrasse. (BRASILEIRO, 2014).

Com o passar do tempo, o homem percebe que ao invés de depender das oportunidades e das condições do tempo, ele pode estabelecer-se em um lugar, construir para si uma moradia, plantar e colher e, assim, o nomadismo dá lugar ao sedentarismo, quando o homem se fixa a terra. Nesse período, começam a surgir as sociedades, considerando-se que os indivíduos passam a trocar entre si os excedentes de sua produção e, para isso, se estabelecem em locais próximos e passam a interagir entre si. (BRASILEIRO, 2014).

Pelacani (2010) esclarece que a construção tem origem juntamente com a humanidade, já que diante dos muitos perigos existentes, os homens buscam formas de abrigar-se e proteger-se. Inicialmente o homem utilizava-se de espaços construídos pela ação natural, porém, com o tempo surge a percepção de que não eram suficientemente seguros e, assim, passa a escavar rochas para construir seus abrigos.

Com a disponibilidade de madeira, o homem passa a construir abrigos que não sejam nas rochas e surgem as primeiras casas construídos apenas com a força e poucas ferramentas com as quais o homem da antiguidade poderia contar, aquelas que ele mesmo pudesse desenvolver. (PELACANI, 2010).

Varella (2012) esclarece que tal transição foi lenta e gradativa, já que nem todos os indivíduos perceberam benefícios em deixar de migrar de um território para outro em busca de seu sustento. Porém, ao longo dos anos, todos os homens passam a viver em sociedade, período no qual começa a se delinear a necessidade de construção de estruturas para moradia e comércio. Além disso, a agricultura

doméstica e a domesticação e criação de animais foram fatores de grande relevância para que os hábitos de vida se transformassem.

Com a Revolução Industrial os indivíduos passam a migrar para as cidades até então constituídas, de modo que a necessidade de construir estruturas para sua moradia torna-se ainda maior. Sem a existência de recursos tecnológicos, o homem constrói suas casas com os materiais que estavam disponíveis na natureza, tais como pedras, madeiras ou outros. (RIBEIRO, 2011).

“Os primeiros materiais a serem empregados nas construções antigas foram a pedra natural e a madeira, por estarem disponíveis na natureza. O ferro, o aço e o concreto só foram empregados nas construções séculos mais tarde”. (BASTOS, 2006, p. 01).

A construção civil, como atividade técnica, sucedeu à construção bélica, e seus profissionais, inicialmente nas escolas de Engenharia Militar, e para atender à diversidade da construção civil e à perene evolução de sua técnica, as primitivas escolas de Engenharia Militar se foram transmutando em escolas mistas – militar e civil. Depois de se desmembrarem em cursos autônomos e, afinal, as escolas de Engenharia Civil se transformaram em escolas politécnicas, repartindo seus cursos nas várias especializações contemporâneas. (PELACANI, 2010, p. 19).

No presente, as necessidades de moradia e de construções para atender as demandas de crescimento social, comercial e industrial são acentuadas, de modo que a construção civil é um ramo em constante desenvolvimento, ao qual tecnologias foram agregadas, permitindo a obtenção de construções cada vez maiores, mais duradouras e seguras (RIBEIRO, 2011).

2.2 O uso da madeira na construção civil

Bastos (2006) esclarece que a madeira foi um dos primeiros materiais utilizados na construção civil, considerando-se que era abundante e de fácil obtenção para os povos que precisam construir suas casas sem o auxílio de tecnologias.

Zenid (2009) afirma que o processo de construção e desenvolvimento das sociedades e das atividades industriais e comerciais foram fatores que levaram à degradação ambiental, em função da extração acentuada de madeira para tais finalidades. A madeira é utilizada na construção civil de diversas formas, seja durante a construção, como no caso de formas para concreto, andaimes e

escoramentos, como para sua finalidade de utilização, como no caso de coberturas, esquadrias, forros, pisos, etc.

Gonçalves e Bartholomeu (2000) citam que a madeira sempre foi e ainda é um material de grande relevância na construção civil, tanto como material estrutural quanto na forma de fechamento, decoração, entre outros. No entanto, é incorreto afirmar que a construção civil é a área que mais se beneficia da utilização da madeira, atualmente utilizada em diversos setores.

Em suas diversas formas de utilização, a madeira é parte de grande relevância na construção civil, de modo que sua utilização cresce com o crescimento das demandas por construções para habitação, indústria ou comércio, trazendo a necessidade de verificação sobre sua qualidade, durabilidade, aplicabilidade e possibilidade de uso sustentável. (ZENID, 2009).

A madeira apresenta propriedades básicas que precisam ser conhecidas e consideradas quando de sua aplicação na construção civil, propriedades essas que variam grandemente de acordo com a espécie da madeira. Tal conhecimento permite que se proceda da escolha correta do tipo de madeira a ser utilizada em cada obra, de modo que o produto tenha um desempenho considerado satisfatório e adequado. (ZENID, 2009).

Moisés et al (2004) esclarecem que a madeira trata-se de um material heterogêneo, composto por diferentes células, adaptadas ao desempenho de funções específicas, cabendo lembrar que as variações na sua composição são relevantes entre diferentes espécies e, muitas vezes, dentro da mesma idade, com base em fatores como idade, posição que se encontrava na árvore antes da extração, fatores genéticos e ambientais, etc.

O mercado brasileiro oferece uma vasta gama de diferentes tipos de madeira, sendo que cabe ao profissional da construção civil identificar como esse material se comporta em cada região e, diante disso, proceder da melhor escolha. É preciso considerar que diferentes regiões apresentam características peculiares, como níveis de temperatura, umidade, frequência de chuvas, etc. (ZENID, 2009).

Beltrame et al. (2010) destacam que um material será eficientemente aplicado, com ênfase nos fins estruturais, quando houver um profundo e detalhado conhecimento de suas propriedades físico mecânicas, aumentando sua segurança e economicidade. No caso da madeira, que varia grandemente no que tange suas

propriedades comparando-se com outros materiais, é preciso que se dedique uma atenção especial ao seu conhecimento, havendo para cada diferente espécie uma adequação específica.

Com o desenvolvimento tecnológico, o aproveitamento da madeira e derivados tem crescido nos últimos anos, visando levar as peças de madeira a suportar cada vez mais as condições adversas relacionadas ao seu uso, tais como a sobrecarga, os impactos, entre outras. A flexão dinâmica abrange a propriedade da madeira de resistir ao impacto, já que capacidade depende da possibilidade de absorção de energia e de deformações para sua dissipação, de modo que as formas de uso sejam adequadamente definidas. (BELTRAME et al, 2010).

Insta destacar que o teor de umidade da madeira incide sobre sua resistência mecânica, sendo que, de forma geral, a resistência aumenta de acordo com seu menor nível de umidade, já que se dá o adensamento e rigidez das paredes celulares, bem como o aumento de material lenhoso por unidade de volume, advinda da perda de água da madeira. (BELTRAME et al, 2010).

Para Soriano et al (2011) o estudo das propriedades mecânicas da madeira é essencial para que relações e padronizações no uso desse material sejam desenvolvidas e, assim, ele poderá ser aplicado adequadamente em construções rurais e urbanas, produção de móveis, fabricação de embalagens, ou outras utilizações que se façam necessárias. Na mesma espécie, a dureza da madeira reduz-se quando ocorre o aumento da umidade, do mesmo modo ocorre com a resistência à compressão na madeira.

Braz et al (2013) aduzem que a madeira trata-se de um material bastante complexo, sendo essencial estudar suas propriedades físicas e mecânicas para que se obtenha mais conhecimentos e, assim, seja possível identificar com precisão seu potencial de uso, a forma adequada e possíveis substituições para tal material quando suas características não atendem as demandas do projeto que é desenvolvido.

A qualidade da madeira dependerá de sua capacidade de atender às demandas da fabricação de produto ou de sua finalidade de aplicação, ou de acordo com suas características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas, já que estas atuam sobre sua possibilidade de utilização nas mais diversas finalidades. (BRAZ et al, 2013).

Moisés et al (2004) destacam que muitas das propriedades da madeira apresentam algum tipo de correlação e impactam umas sobre as outras, de modo que proceder do estudo detalhado das propriedades de tal material anteriormente a sua utilização é essencial para a finalidade na qual se deseja empregar a madeira. Nesse sentido, parte-se para a análise das propriedades físicas, mecânicas e químicas da madeira.

2.2.1 Propriedades físicas da madeira

Oliveira Júnior (2011) afirma que as propriedades físicas mais relevantes da madeira são sua densidade, também denominada massa específica aparente, o teor de umidade que esta apresenta e sua retratabilidade.

A densidade refere-se à relação de massa e volume expressos em g/cm³ u kg/m³. Insta esclarecer que a densidade da madeira aumentará de acordo com o teor de umidade que ela apresenta, assim como diminuirá quando o teor de umidade for reduzido. A densidade é uma característica de grande relevância, considerando-se que por meio dela é possível avaliar a qualidade da madeira utilizada, seja para seu uso ou transformação em produtos diversos. (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

A densidade não é um valor fixo, mas altera-se de acordo com as espécies de madeira analisadas, entre amostras da mesma espécie e ao longo de um mesmo corpo de prova. Essas variações se devem a fatores como as condições do solo, localização geográfica e fonte genética. (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Para Vieira (2014) a densidade básica permite a determinação do uso final da madeira, de modo que pode ser um parâmetro de avaliação econômica de uma floresta. Quando se determina a densidade da madeira, pode-se identificar a produtividade daquela floresta em matéria seca, além de impactar sobre o transporte, armazenamento e todas as outras operações que se relacionam com a matéria prima.

Pode-se caracterizar a densidade da madeira como:

Massa específica aparente básica: relação entre a massa seca e o volume saturado. Essa densidade tem fácil determinação e apresenta boa correlação com as propriedades mecânicas da madeira analisada, além de ser uma das propriedades físicas mais estudadas, pois influencia grandemente sobre a

caracterização tecnológica da madeira em função de sua variação afetar a resistência e estabilidade da peça.

Massa específica aparente a 0% de umidade: relação entre massa e volume da madeira seca.

Massa específica aparente a 12% de umidade: relação entre a massa e o volume da madeira a 12% de umidade. (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Na concepção de Braz et al (2013) a densidade tem relação direta com muitas outras propriedade e características tecnológicas fundamentais da madeira para suas diversas utilizações, relacionando-se diretamente com a propriedades físicas da madeira. Em geral, quanto maior a densidade da peça, maiores suas propriedade mecânicas, sendo que madeiras de alta densidade são as mais adequadas para a construção civil.

A umidade, por sua vez, é o montante de água encontrado na madeira comparando-se com seu peso seco. (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Veiga (2014) destaca que analisar a umidade das peças de madeira utilizadas é essencial, tendo-se em mente que o montante de água apresentado em cada planta varia e, na peça extraída, isso também ocorrerá. Além disso, como a umidade influencia inúmeras de suas demais características, quando esta é conhecida torna-se mais fácil definir alguns dados sobre a madeira a ser utilizada.

A retratibilidade, por sua vez, encampa a quantificação da instabilidade dimensional em percentual. A retratibilidade trata-se de um fenômeno que decorre da variação dimensional, devido à troca de umidade da madeira com o meio no qual está inserida. A retratibilidade ocorre abaixo do ponto de saturação das fibras, já que a umidade que responde por essa característica localiza-se nas paredes celulares. (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Retratibilidade é uma propriedade da madeira muito relevante, variando entre espécies e de acordo com o modo de secagem da peça, sendo que esta poderá inchar ou retrair-se segundo a umidade relativa do meio no qual está inserida. Quanto menores as contrações, melhores serão as propriedades da madeira, tornando-se adequadas as madeiras que apresentem menores contrações e, por isso, não gerem empenos ou fendas na obra. (BRAZ et al, 2013).

2.2.2 Propriedades mecânicas da madeira

Vieira (2014) esclarece que as peças de madeira podem ser classificadas com base em suas propriedades mecânicas, com ênfase em sua resistência, sendo que ao verificar essa classificação a peça pode ser corretamente aplicada em um projeto estrutural, com o conhecimento dos esforços que esta peça deve suportar em sua aplicação.

As propriedades mecânicas da madeira definem o comportamento da madeira quando submetida a esforços de natureza mecânica, permitindo compará-la com outras madeiras de propriedades conhecidas e por analogia indicar as provas adicionais necessárias para conhecer sua utilização. Os valores das propriedades mecânicas variam de acordo com a espécie, umidade da madeira, densidade e tempo de duração da carga durante o ensaio mecânico, entre outros fatores. (BRAZ et al, 2013, p. 664).

Determinar a densidade da madeira é essencial para a utilização de métodos de ensaio não destrutivos, como ocorre com a ultrassonografia, que precisa de velocidade de propagação da onda e da densidade do material para determinar a matriz de rigidez. Quando se deseja proceder da aplicação em campo, pode-se associar a ultrassonografia com outros métodos permitindo uma estimativa de densidade com resultados bastante efetivos e sem que seja necessário extrair corpos de prova. (VEIGA, 2014).

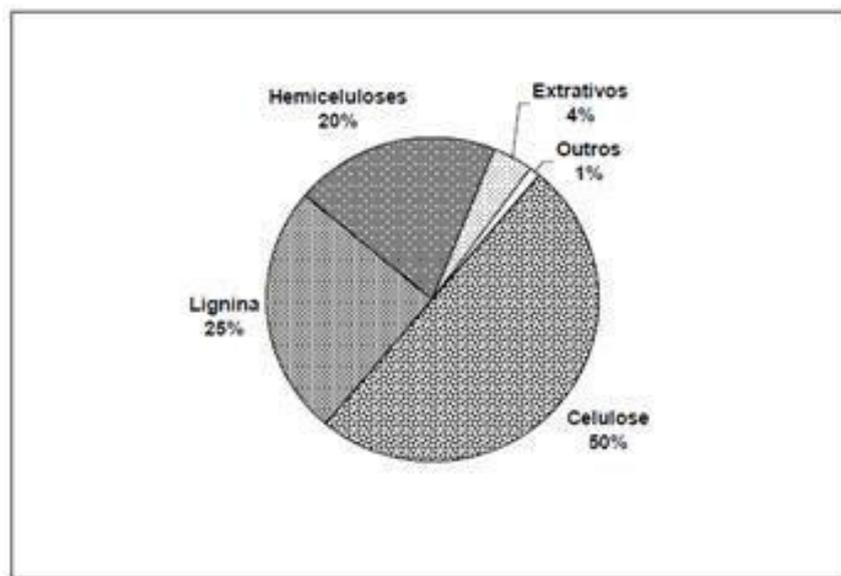
Lobão et al (2004) enfatizam que as propriedades mecânicas da madeira dependem grandemente de sua densidade básica, do percentual de madeira juvenil apresentado, da largura dos anéis do ângulo de suas microfibras, da inclinação de grã, quantidade de extrativos, teor de umidade presente em sua composição, intensidade diante do ataque de insetos, quantidade de nós, entre outros tantos fatores.

Não se pode esquecer que a resistência mecânica da madeira sofre considerável influência da inclinação das fibras, sendo assim, sabe-se que a resistência da peça será reduzida ou aumentada conforme a inclinação das fibras que cada peça apresenta. (VEIGA, 2014).

2.2.3 Propriedades químicas da madeira

Oliveira (2011) esclarece que todos os tipos de madeira apresentam como composição a celulose, hemiceluloses e lignina. A celulose e as hemiceluloses tratam-se de polissacarídeos, enquanto a lignina é um polímero de fenilpropano. Além disso, elementos inorgânicos são encontrados em proporções variáveis na madeira, tais como o cálcio, magnésio e o potássio.

Figura 1: Propriedades químicas da Madeira



Fonte: Oliveira (2011).

Compreende-se, assim, que todos os tipos de madeira apresentam uma composição química básica, formada por celulose, hemicelulose e lignina, além de elementos inorgânicos que variam de acordo com o tipo da madeira. (OLIVEIRA, 2011).

Silva (2012) afirma que a madeira pode apresentar um teor de celulose entre 40% e 50%, sendo esta substância a principal componente da parede celular dos vegetais de forma geral. Sua apresentação ocorre em forma de fibras, sendo caracterizada como um polímero de cadeia linear, de alta massa molar, com fórmula empírica e grau de polimerização.

2.3 Ensaio esclerométrico

Candian e Sales (2005) destacam que a madeira trata-se de material orgânico e de origem vegetal que pode se tornar uma fonte de matéria-prima inesgotável, considerando-se que novas florestas podem ser plantadas de forma contínua para suprir as necessidades desses materiais. Assim, essa fonte renovável demanda de esforços humanos para que tenha continuidade e sua falta não cause impactos na construção civil e muitos outros âmbitos sociais e comerciais.

Para Alves (2012) a madeira pode ser descrita como material heterogêneo, anisotrópico e de baixa densidade quando comparado com outros materiais. Em função da destruição das florestas e da necessidade de redução de custos de uma obra, testes que não demandam a eliminação da amostra após sua aplicação vêm sendo preconizados.

A madeira apresenta grande variabilidade no que tange suas propriedades mecânicas, de forma que a classificação das peças permite um aproveitamento melhor e mais adequado. Muitas avaliações das propriedades da madeira utilizam-se de métodos destrutivos, porém, o adequado seria que métodos que preservem as amostras pudessem ser aplicados, de modo que o desperdício desse material seja reduzido. Além disso, é preciso recordar que uma amostragem incorreta poderia levar a resultados não coerentes, tendo-se em mente que alguns corpos de prova podem não representar adequadamente as características de todo o lote que representam. (CANDIAN; SALES, 2005).

Soriano et al. (2011) esclarecem que no presente existem métodos de grande valia para a realização de ensaios não destrutivos da madeira, de modo que suas propriedades sejam determinadas, defeitos sejam identificados e levando as inspeções a serem possíveis inclusive em campo. Nesses estudos, considera-se madeira seca aquela com umidade a 12% e madeira saturada aquela com umidade a 30%.

Escobar Cruz e Fabro (2008) destacam os ensaios não destrutivos não causam danos ao elemento que passa por ensaio, ou causam danos pouco relevantes, que em alguns casos podem ser recuperados após o teste, sem comprometer sua capacidade de resistência.

O emprego de métodos não destrutivos é de grande valia, já que a análise se dá sobre o elemento, não sobre um corpo de prova. Com isso, são identificadas as propriedades físicas e mecânicas da peça selecionada, mantendo-se sua capacidade de utilização final após a aplicação dos métodos de teste. (CANDIAN; SALES, 2005).

A avaliação de resistência da madeira em campo demanda da combinação de variados métodos de ensaio, avaliando-se a correlação entre a ultrassonografia e a resistência de compressão das peças. Os autores destacam que as propriedades mecânicas da madeira, como resistência, compressão e dureza, são influenciadas por diferentes variáveis, como os efeitos da densidade e do teor de umidade sobre a peça. Enquanto a dureza é reduzida conforme aumenta o teor de umidade, a dureza depende da direção anatômica das suas fibras. (SORIANO et al, 2011).

A esclerometria trata-se de uma técnica de análise não destrutiva que permite estimar a resistência de uma peça de concreto ou madeira, desde que sejam pesquisadas as correlações entre as propriedades de dureza superficial e compressão da madeira. A dureza superficial é importante quando a madeira é aplicada na indústria moveleira e em pisos, e pode ser avaliada pelo ensaio destrutivo de dureza Janka, em laboratório, porém, existem métodos para determinar a dureza da madeira em campo. (SORIANO et al, 2011).

Segundo Veiga (2014) a esclerometria pode ser descrita como um método não destrutivo de ensaios que segue normas e padrões para sua realização e, com isso, permite que peças de madeira e concreto sejam avaliadas quanto a sua dureza superficial, além de relacionar os resultados dos impactos com sua resistência à compressão nas diferentes finalidades em que esses materiais podem ser utilizados.

Castro (2009) destaca que o método esclerométrico foi desenvolvido por Ernst Schmidt, em 1948, fato que deu origem ao nome esclerômetro Schmidt. Trata-se de um dos mais antigos métodos de teste existentes que ainda é utilizado no presente.

Alves (2012) aduz que desde a década de 60 os ensaios não destrutivos para verificação das propriedades físicas e mecânicas da madeira vêm sendo fortemente difundidos, sendo relevantes destaca que a própria utilização desse material vem sendo majorada recentemente, de modo que a substituição de métodos destrutivos por não destrutivos permite a utilização posterior dos corpos de prova.

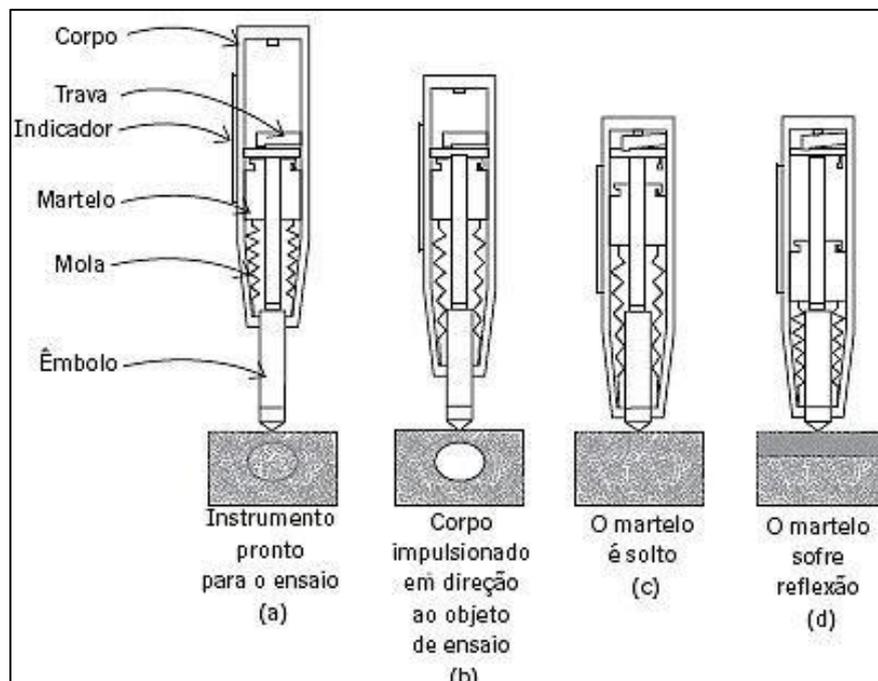
Por esclerometria cita-se um ensaio não destrutivo que permite avaliar o valor da dureza de concreto ou madeira, por meio do índice esclerométrico. O esclerômetro é posicionado perpendicularmente a superfície analisada. Um mecanismo interno de mola faz com que uma massa metálica seja arremessada contra uma haste metálica, que se impacta contra o material estudado, gerando um repique. Quanto maior o repique, maior a dureza da superfície submetida a esclerometria. (BOTTEGA, 2010).

Segundo a Associação Brasileira de Normas de Trabalho (ABNT, NBR7584, 1995) a esclerometria pode ser compreendida como:

[...] uma massa-martelo que, impulsionada por mola, se choca através de uma haste, com ponta de forma esférica, com área de ensaio. A energia do impacto é, em parte, utilizada na deformação permanente provocada na área de ensaio e, em parte, conservada elasticamente, propiciando ao fim do impacto, retorno do martelo. Quanto maior a dureza da superfície ensaiada, tanto menor a parcela de energia que se converte em deformação permanente, por conseguinte, tanto maior será o recuo ou flexão do martelo.

Para que se possa melhor compreender o ensaio esclerométrico, apresenta-se a figura 1, a seguir, que ilustra sua execução.

Figura 2: Sequência de execução do ensaio de esclerometria



Fonte: Techne (2009).

Esse método não provoca danos estruturais, é rápido e de simples aplicação, tornando-se uma das formas mais seguras e facilitadas de identificar a dureza da superfície sem que o material de prova seja perdido. (BOTTEGA, 2010).

Veiga (2014) destaca que, ao contrário do que ocorria no passado, quando a eliminação dos corpos de prova era prática comum, em função da grande disponibilidade de material na natureza, atualmente qualquer material é aproveitado, em função das necessidades de redução de custos, bem como a demanda por preservação ambiental, cada vez mais relevante em um cenário no qual sabe-se que a degradação ambiental compromete a qualidade de vida de todos os seres, não apenas do homem.

Na sequência apresenta-se imagem do esclerômetro, ou martelo de Schmidt, com o intuito de caracterizar o equipamento utilizado para que testes das propriedades dos corpos de prova possam ser realizados sem que estes sejam destruídos ou prejudicados ao ponto que não possam mais ser aproveitados em nenhuma atividade.

Figura 3: Esclerômetro



Fonte: Carmix (2015).

A relevância da aplicação de testes de resistência dos materiais utilizados na construção civil reside no fato de que alterações em sua qualidade e durabilidade impactam sobre sua confiabilidade para aplicação em obras diversas. Assim, as estruturas podem ser criticamente afetadas e ameaças graves podem surgir, levando a desabamentos e catástrofes de relevante monta. (RUNKIEWICZ, 2009).

3 METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido através de pesquisa bibliográfica, visando compreender as teorias relacionadas ao tema de estudos, de modo que o pesquisador possa comparar essas teorias com seus próprios conhecimentos e com as percepções alcançadas ao longo de sua pesquisa. (GIL, 2007).

Após o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica, partiu-se para a pesquisa aplicada, que visa alcançar fins práticos, ou seja, verificar os resultados práticos de determinada situação, por meio de estudos específicos que verificam e avaliam características. (GIL, 2007).

No que se refere à sua abordagem, trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, que de acordo com Marconi e Lakatos (2007), trata-se de uma abordagem que além de resultados baseados em respostas teóricas, apresenta dados numéricos, obtidos por meio da aplicação de métodos específicos, permitindo que se comparem os resultados do estudo conduzido com os resultados alcançados por outros pesquisadores.

Pensando em seu objetivo metodológico, este estudo pode ser classificado como exploratório, que de acordo com Andrade (1993, p. 98), trata-se de uma condução de estudos durante a qual “[...] os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira neles”.

Para a obtenção dos resultados, procedeu-se de estudo em laboratório, por meio de esclerometria, analisando-se e anotando-se os resultados dos testes conduzidos, para que pudessem ser elaboradas planilhas, tabelas e gráficos, que facilitam a visualização e compreensão dos resultados.

As amostras analisadas em laboratório foram selecionadas a partir de espécies de madeira de uso comum na construção civil na região de Tocantins, onde ocorreu a condução dos estudos e, por isso, torna-se relevante compreender e conhecer detalhadamente suas características físicas e mecânicas e sua valia dentro da construção civil.

As espécies analisadas foram Angelim Pedra, Pequiá, Pinus Elliotti e Cedro Doce. Foram conduzidos testes de umidade, compressão normal/perpendicular a fibra, compressão paralela a fibra e esclerômetro. Para cada espécie 22 corpos de prova foram usados, conforme quadro 1, abaixo.

Quadro 1: Descrição dos testes realizados

	Compressão Paralela	Compressão Normal/ Perpendicular	Esclerometro	Umidade	Densidade	Total
ESP . (1)	4 C.P	3 C.P	7 C.P	4 C.P	4 C.P	22 C.P
ESP . (2)	4 C.P	3 C.P	7 C.P	4 C.P	4 C.P	22 C.P
ESP . (3)	4 C.P	3 C.P	7 C.P	4 C.P	4 C.P	22 C.P
ESP . (4)	4 C.P	3 C.P	7 C.P	4 C.P	4 C.P	22 C.P

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Para cada espécie de madeira testada foram utilizados 22 corpos de prova, ensaiados, sendo 4 para umidade, 4 para densidade, 4 para compressão paralela das fibras, 3 para compressão normal e 7 para esclerometria. Todos os corpos foram selecionados após a verificação da inexistência de nós e defeitos diversos visíveis.

Após os testes, os dados obtidos foram registrados em tabelas e gráficos, de modo que cada corpo de prova terá os resultados apresentados para melhor compreensão de suas características. Além da apresentação dos dados na formatação de tabelas e gráficos, proceder-se-á de uma comparação entre os resultados obtidos e os resultados apresentados por outros estudos a serem detalhadamente estudados para a estruturação da etapa final do trabalho.

Para a realização das atividades em laboratório, a aluna contou com a estrutura oferecida pela instituição de ensino, bem como do acompanhamento da professora orientadora em determinadas etapas dos testes, visando torná-los mais organizados, coerentes com os objetivos e confiáveis diante da comunidade acadêmica.

A seleção dos corpos de prova ocorreu em empresa da região que fornece madeira para a construção civil, havendo a necessidade da aluna de dirigir-se até a empresa e selecionar as amostras mais adequadas. As amostras selecionadas foram conduzidas ao laboratório de estudos e ali verificadas com maior cuidado,

para que o acadêmico pudesse assegurar-se que são adequadas aos ensaios. Caso alguma das peças selecionadas não se mostrasse adequada, ela poderia ser substituída ou descartada, o que deveria ocorrer prioritariamente o início dos ensaios. Algumas amostras tiveram que ser substituídas e outras descartadas.

Quando os ensaios foram iniciados não ocorreu a troca dos corpos de prova, devidamente preparados para que apresentem o grau de umidade necessário a cada etapa dos testes conduzidos. Para cada corpo de prova foi estabelecido um número a ser utilizado como controle nos ensaios. Os números estarão associados às características da madeira (grau de umidade) e é de acordo com eles que os dados puderam ser adequadamente coletados, registrados e apresentados ao fim dos testes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Procedeu-se do teste de compressão paralela as fibras, com base na NBR 7190, tendo sido os corpos de prova nomeados como CP I, CP II, CP III e CP IV. A referida norma encampa os métodos de ensaio para determinação das propriedades da madeira para projetos de estrutura, métodos de ensaio para a determinação da resistência de ligações mecânicas das estruturas de madeira, recomendações sobre a durabilidade da madeira, valores médios usuais de resistência e rigidez de algumas madeiras nativas e de reflorestamento e da calibração dos coeficientes de segurança adotados na norma NBR 7190.

4.1 Compressão paralela às fibras

O primeiro ensaio de compressão paralela às fibras apresentado foi conduzido com uma amostra de Angelim Pedra, conforme aponta o quadro 2, a seguir.

AMOSTRA: Área: 50mmx50mm
Altura: 150 mm

Quadro 2: ANGELIM PEDRA

CORPO DE PROVA (unid.)	FORÇA RUPTURA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	RESISTÊNCIA CORRIGIDA AO TEOR DE UMIDADE DE 12% (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA CORRIGIDA (Mpa)
C.P I	149690,5	59,9	51,87	67,2	58,2
C.P II	113331,0	45,3		50,8	
C.P III	112799,4	45,1		50,6	
C.P IV	142886,4	57,2		64,2	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

No ensaio com Angelim Pedra percebe-se que a força de ruptura maior foi identificada no CP I, cuja resistência à compressão paralela passou de 59,9% para 67,2% quando da correção do teor de umidade de 12%. Na sequência o CP IV apresentou resistência de 57,2% antes da correção do teor de umidade e 64,2% após a correção. Os corpos de prova CP II e CP III apresentaram resultados

semelhantes, 45,3% e 45,1% antes da correção e 50,8% e 50,6%, respectivamente, após a correção da umidade.

Para o segundo ensaio de compressão paralela as fibras utilizou-se uma amostra de Pequiá, estando os dados descritos no quadro 3.

Quadro 3: PEQUIÁ

CORPO DE PROVA (unid.)	FORÇA RUPTURA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	RESISTÊNCIA CORRIGIDA AO TEOR DE UMIDADE DE 12% (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA CORRIGIDA (Mpa)
C.P I	99935,4	40,0	40,37	52,3	52,7
C.P II	95789,2	38,3		50	
C.P III	98340,7	39,3		51,3	
C.P IV	109716,3	43,9		57,3	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

O ensaio com Pequiá permitiu a percepção de que a força de ruptura maior decorreu do CP IV. A resistência à compressão paralela passou de 43,9% para 57,3% quando da correção do teor de umidade de 12%. Na sequência o CP I apresentou resistência de 40% antes da correção do teor de umidade e 52,3% após a correção. Os corpos de prova CP III e CP II apresentaram resistência de 39,3% e 38,3% antes da correção e 51,3% e 50%, respectivamente, após a correção da umidade.

O terceiro ensaio de compressão paralela as fibras ocorreu com base em uma amostra de Pinus Elliotti, descrito no quadro 4.

Quadro 4: PINUS ELLIOTTI

CORPO DE PROVA (unid.)	FORÇA RUPTURA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	RESISTÊNCIA CORRIGIDA AO TEOR DE UMIDADE DE 12% (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA CORRIGIDA (Mpa)
C.P I	111311,0	44,5	52,5	47,3	55,6
C.P II	125769,8	50,3		53,5	
C.P III	149690,5	59,9		63,7	
C.P IV	135763,3	54,3		57,8	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

O ensaio com Pinus Elliotti demonstrou que a força de ruptura maior encontrada foi no CP III. A resistência à compressão paralela passou de 59,9% para 63,7% quando da correção do teor de umidade de 12%. Na sequência surge o CP IV com resistência de 54,3% antes da correção do teor de umidade e 57,8% após a correção. Os corpos de prova CP II e CP I apresentaram resistência de 50,3% e 44,5% antes da correção e 53,5% e 47,3%, respectivamente, após a correção da umidade.

Por fim, o quarto ensaio de compressão paralela as fibras utilizou uma amostra de Cedro Doce. Os resultados são apontados no quadro 4.

Quadro 5: CEDRO DOCE

CORPO DE PROVA (unid.)	FORÇA RUPTURA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	RESISTÊNCIA CORRIGIDA AO TEOR DE UMIDADE DE 12% (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA CORRIGIDA (Mpa)
C.P I	59323,4	23,7	21,8	24,9	22,9
C.P II	52200,3	20,9		22	
C.P III	54114,0	21,6		22,7	
C.P IV	52519,3	21,0		22,1	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

O último ensaio, com Cedro Doce, leva à percepção de que a força de ruptura maior ocorreu no CP I. A resistência à compressão paralela passou de 23,7% para 24,9% quando da correção do teor de umidade de 12%. Na sequência surge o CP III com resistência de 21,6% antes da correção do teor de umidade e 22,7% após a correção. Os corpos de prova CP IV e CP II apresentaram resistência de 21% e 20,9% antes da correção e 22,1% e 22%, respectivamente, após a correção da umidade.

No teste de compressão paralela às fibras, os melhores resultados obtidos apresentam a seguinte ordem:

Angelim Pedra;

Pinus Elliotti;

Pequiá; e

Cedro Doce.

4.2 Compressão normal às fibras

Após o teste de compressão paralela às fibras, partiu-se para o teste de compressão normal às fibras com base na NBR 7190.

AMOSTRA: Área: 50mmx100mm
Altura: 50 mm

Quadro 6: ANGELIM PEDRA

CORPO DE PROVA (unid.)	FORÇA RUPTURA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	RESISTÊNCIA CORRIGIDA AO TEOR DE UMIDADE DE 12% (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA CORRIGIDA (Mpa)
C.P I	160321,9	32,1	37,1	36	41,7
C.P II	204229,7	40,8		45,8	
C.P III	192322,5	38,5		43,2	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

O corpo de prova que demonstrou a maior força ruptura foi o CP II, seguido pelo CP III e CP I.

Quadro 7: PEQUIÁ

CORPO DE PROVA (unid.)	FORÇA RUPTURA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	RESISTÊNCIA CORRIGIDA AO TEOR DE UMIDADE DE 12% (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA CORRIGIDA (Mpa)
C.P I	195086,7	39,0	37,9	50,9	49,4
C.P II	189558,3	37,9		49,5	
C.P III	183604,8	36,7		47,9	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

No caso do Pequiá, o corpo de prova que demonstrou a maior força ruptura foi o CP I, seguido pelo CP II e CP III.

Quadro 8: PINUS ELLIOTTI

CORPO DE PROVA (unid.)	FORÇA RUPTURA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	RESISTÊNCIA CORRIGIDA AO TEOR DE UMIDADE DE 12% (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA CORRIGIDA (Mpa)
------------------------	-------------------	---	-------------------------	---	-----------------------------------

C.P I	72506,3	14,5	18,9	15,4	20,1
C.P II	86327,2	17,3		18,4	
C.P III	124706,6	24,9		26,5	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Quanto ao Pinus Elliotti, o corpo de prova que demonstrou a maior força ruptura foi o CP III, seguido pelo CP II e CP I.

Quadro 9: CEDRO DOCE

CORPO DE PROVA (unid.)	FORÇA RUPTURA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (Mpa)	RESISTÊNCIA CORRIGIDA AO TEOR DE UMIDADE DE 12% (Mpa)	RESISTÊNCIA MÉDIA CORRIGIDA (Mpa)
C.P I	73782,1	14,8	14,8	15,6	15,5
C.P II	73250,5	14,7		15,4	
C.P III	73994,7	14,8		15,6	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Por fim, no que tange os testes com Cedro Doce, o corpo de prova que demonstrou a maior força ruptura foi o CP III, seguido pelo CP I e CP II.

A resistência à compressão normal apresentou os melhores resultados nas amostras de Pequiá

4.3 Esclerômetro de reflexão – esclerometria paralela – amostra tipo 1

No que tange a esclerometria paralela das fibras, foram conduzidos dois testes sobre a mesma amostra, ou seja, dois testes para Angelim Pedra, dois testes para Pequiá, dois testes para Pinus Elliotti e dois testes para Cedro doce, conforme dados apresentados nos quadros 10, 11, 12 e 13.

AMOSTRA: Área: 50mmx50mm
Altura: 150 mm

Quadro 10: ANGELIM PEDRA

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA
C.P I	40	42	

C.P II	38	42	40,5
C.P III	41	40	
C.P IV	41	40	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Nos testes realizados com os quatro corpos de prova de Angelim Pedra, identificou-se que os melhores resultados de esclerometria paralela encontram-se no corpo de provas CP I, com aumento de 40 no primeiro teste para 42 no segundo. O CP II apresentou resultado inferior no primeiro teste, 38, porém igualou-se ao CP II no segundo teste, 42. Nos corpos de prova CP III e CP IV houve uma queda de 41 no primeiro teste para 40 no segundo.

Quadro 11: PEQUIÁ

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA
C.P I	30	28	30,5
C.P II	32	30	
C.P III	33	30	
C.P IV	32	29	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Os testes de esclerometria realizados com Pequiá apresentaram queda em todos os corpos de prova no segundo teste, sendo os resultados do CP II os com menor queda, de 32 para 30, bem como do CP 1, de 30 para 28. Nos corpos de prova CP III e CP IV a queda foi de 3 pontos, sendo CP III de 33 para 30 e CP IV de 32 para 29.

Quadro 12: PINUS ELLIOTTI

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA
C.P I	24	27	26,1
C.P II	26	27	
C.P III	25	28	
C.P IV	25	27	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Quanto ao Pinus Elliottto, os testes de esclerometria apontam aumento nos corpos de prova CP I (24 para 27), CP II (26 para 27), CP III (25 para 28) e CP IV (25 para 27). Nesse sentido, o CP III apresentou o melhor resultado de esclerometria no segundo teste.

Quadro 13: CEDRO DOCE

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA
C.P I	22	18	20
C.P II	20	19	
C.P III	18	21	
C.P IV	18	24	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

No caso do Cedro Doce, os testes de esclerometria demonstraram queda nos corpos de prova CP I (22 para 18) e CP II (20 para 19). Os corpos de prova CP III e CP IV apresentaram aumento de 18 para 21 e de 18 para 24, respectivamente.

4.4 Esclerômetro de reflexão – esclerometria normal – amostra tipo 1

A esclerometria normal as fibras em amostra padrão foi conduzida por meio de 4 testes sobre cada corpo de prova de cada uma das amostras de madeira.

Os resultados obtidos podem ser vistos nos quadros 14, 15, 16 e 17.

AMOSTRA: Área: 50mmx50mm
Altura: 150 mm

Quadro 14: ANGELIM PEDRA

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS NORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA			
C.P I	48	48	40	40	44,3
C.P II	45	41	48	42	
C.P III	46	50	40	43	

C.P IV	46	50	40	42	
--------	----	----	----	----	--

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

A esclerometria normal as fibras na amostra de Angelim Pedra demonstrou uma queda de 8 pontos no corpo de provas CP I (48-48-40-40), 3 pontos no CP II (45-41-48-42), 3 pontos no CP III (46-50-40-43) e 4 pontos no CP IV (46-50-40-42).

Quadro 15: PEQUIÁ

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS NORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA			
C.P I	30	35	26	30	32,6
C.P II	32	36	34	33	
C.P III	33	34	35	33	
C.P IV	32	35	34	30	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Nos testes de esclerometria normal às fibras de madeira com Pequiá, no caso do CP I houve variações entre os testes, porém, valor inicial e final foram iguais (30-35-26-30). No CP II houve um aumento de 1 ponto entre teste inicial e final (32-36-34-33). No CP III o valor inicial e final manteve-se, apesar das variações entre testes (33-34-35-33). Por fim, no CP IV o valor inicial apresentou queda de 2 pontos para o valor final (32-35-34-30).

Quadro 16: PINUS ELLIOTTI

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS NORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA			
C.P I	32	28	32	34	32,4
C.P II	34	37	33	33	
C.P III	37	34	33	33	

C.P IV	25	35	26	32	
--------	----	----	----	----	--

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Pensando-se nos testes com Pinus Elliotti, os testes de esclerometria normal às fibras de madeira apontaram um aumento de 2 pontos entre teste inicial e final do CP I (32-28-32-34). No CP II houve queda de 1 ponto (34-37-33-33). Para o CP III observa-se uma variação de -4 pontos (37-34-33-33) e no CP IV a variação foi de = 7 pontos (25-35-26-32).

Quadro 17: CEDRO DOCE

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS NORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA			
C.P I	32	28	31	30	30,9
C.P II	28	32	31	31	
C.P III	30	29	36	33	
C.P IV	30	29	34	31	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Por fim, nos testes com Cedro Doce verificou-se no CP I uma variação de -2 pontos entre teste inicial e final (32-28-31-30), + 3 pontos no CP II (28-32-31-31), + 3 pontos no CP III (30-29-36-33) e +1 ponto no CP IV (30-29-34-31).

4.5 Esclerômetro de reflexão – esclerometria paralela –tipo 2

A esclerometria paralela as fibras em bloquinhos foi conduzida por meio de 2 testes sobre cada corpo de prova (3 corpos de prova) de cada uma das amostras de madeira, conforme apontam os quadros 18,19, 20 e 21.

AMOSTRA: Área: 50mmx50mm
 Altura: 50 mm

Quadro 18: ANGELIM PEDRA

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA

	FIBRAS DA MADEIRA	MADEIRA	
C.P I	34	32	33
C.P II	32	33	
C.P III	33	34	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Nos testes de esclerometria paralela as fibras da madeira com bloquinhos realizados com Angelim Pedra, o CP I apresentou o melhor resultado inicial (34), enquanto o CP III apresentou o melhor resultado final (34). No CP ocorreu uma queda de 2 pontos, enquanto no CP III ocorreu um aumento de 1 ponto.

Quadro 19: PEQUIÁ

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA
C.P I	26	30	27,2
C.P II	24	29	
C.P III	27	27	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Quando a espécie testada foi o Pequiá, os resultados obtidos apontam que o CP III apresentou o melhor resultado inicial (27), enquanto o CP I apresentou o melhor resultado final (30). Enquanto o CP III manteve a mesma pontuação (27-27), o CP II apresentou um aumento de 5 pontos (24-29) e o CP um aumento de 4 pontos (26-30).

Quadro 20: PINUS ELLIOTTI

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA
C.P I	26	23	25,3
C.P II	25	22	
C.P III	27	29	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Os testes com Pinus Elliotti demonstraram que o CP III apresentou o melhor resultado inicial (27) e final (29). No CP I houve uma queda de 3 pontos (26-23), sendo que o mesmo ocorreu no CP II, uma queda de 3 pontos (25-22).

Quadro 21: CEDRO DOCE

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS PARALELA ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA
C.P I	15	18	16,2
C.P II	17	15	
C.P III	15	17	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Os testes com Cedro Doce permitiram identificar o melhor resultado inicial no CP II (17), porém, o melhor resultado final foi percebido no CP I (18).

4.6 Esclerômetro de reflexão – esclerometria normal – tipo 2

A esclerometria normal as fibras em bloquinhos foi realizada com base em 4 testes sobre cada corpo de prova (3 corpos de prova) de cada uma das amostras de madeira, conforme apontam os quadros 22,23, 24 e 25.

AMOSTRA: Área: 50mmx50mm
Altura: 50 mm

Quadro 22: ANGELIM PEDRA

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS NORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA			
C.P I	34	34	42	38	38,3
C.P II	36	38	38	40	
C.P III	39	40	40	41	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Nos testes com Angelim Pedra, verificou-se que o CP I aumentou 4 pontos entre o teste inicial e final (34-34-42-38), o CP II aumentou 4 pontos (36-38-38-40) e o CP III aumentou 2 pontos (39-40-40-41). A média geral do Angelim Pedra foi de 38,3 pontos.

Quadro 23: PEQUIÁ

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOSNORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA			
C.P I	32	28	31	30	30,3
C.P II	30	30	32	29	
C.P III	30	29	31	32	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

No caso do Pequiá, os números apontam que o CP I teve uma queda de 2 pontos entre resultado inicial e final (32-28-31-30), o CP II uma queda de 1 ponto (30-30-32-29) e o CP III um aumento de 2 pontos (30-29-31-32). A média geral do Pequiá foi de 30,3 pontos.

Quadro 24: PINUS ELLIOTTI

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOSNORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA			
C.P I	40	47	43	45	42,1
C.P II	40	42	40	41	
C.P III	42	40	45	40	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Os testes com o Pinus Elliotti demonstram um aumento de 5 pontos no CP I (40-47-43-45), aumento de 1 ponto no CP II (40-42-40-41) e queda de 2 pontos no CP III (42-40-45-40). A média geral do Pinus Elliotti foi de 42,1 pontos.

Quadro 25: CEDRO DOCE

CORPO DE PROVA (unid.)	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS NORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA	ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS MÉDIA			
C.P I	32	33	32	34	33
C.P II	31	35	33	35	
C.P III	35	33	33	30	

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

No caso do Cedro Doce, identificou-se um aumento de 2 pontos no CP I (32-33-32-34), 4 pontos no CP 2 (31-35-33-35) e uma queda de 5 pontos no CP III (35-33-33-30). A média geral de todos os corpos de prova dessa espécie alcançou 33 pontos.

4.7 Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela

A resistência paralela às fibras e a esclerometria paralela às fibras foram realizadas sobre dois corpos de prova (amostra padrão e amostra 1), conforme apontam os quadros 26 e 27.

Quadro 26: Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela

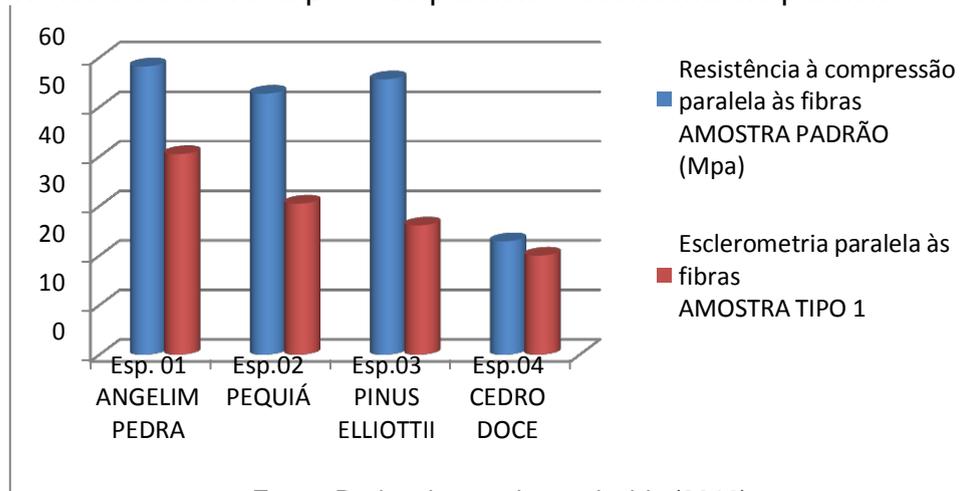
Espécie	Resistência à compressão paralela às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa)	Esclerometria paralela às fibras AMOSTRA TIPO 1
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	58,2	40,5
Esp.02 PEQUIÁ	52,7	30,5
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	55,6	26,1
Esp.04 CEDRO DOCE	22,9	20

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Na resistência à compressão paralela e esclerometria paralela, verificou-se que os melhores resultados referem-se ao Angelim Pedra, com 58,2 na amostra padrão e 40,5 na amostra 1.

Para a melhor visualização dos resultados, apresenta-se o gráfico 1, a seguir.

Gráfico 1: Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela



Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

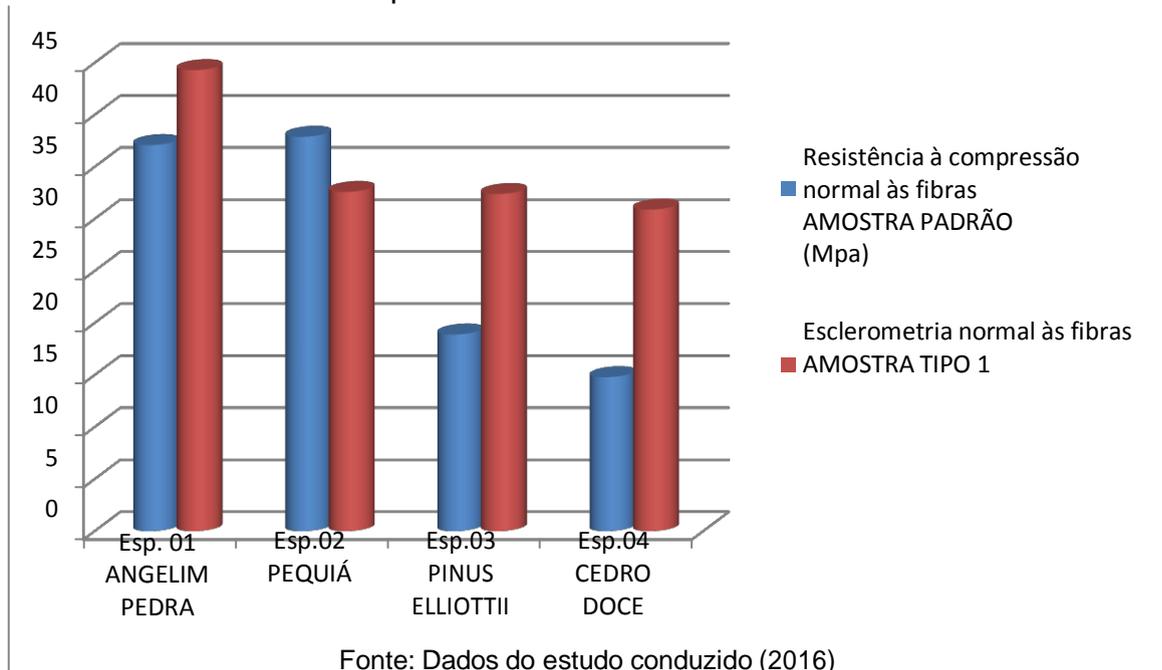
Quadro 27: Resistência à compressão normal e esclerometria normal

Espécie	Resistência à compressão normal às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa)	Esclerometria normal às fibras AMOSTRA TIPO 1
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	37,1	44,3
Esp.02 PEQUIÁ	37,9	32,6
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	18,9	32,4
Esp.04 CEDRO DOCE	14,8	30,9

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

No gráfico 2, a seguir, os dados do quadro 27 são comparados de forma a tornar sua compreensão mais clara.

Gráfico 2: Resistência à compressão normal e esclerometria normal



No quadro 28 apresentam-se os dados gerais por espécie encontrados nos testes de resistência à compressão paralela às fibras e esclerometria paralela às fibras.

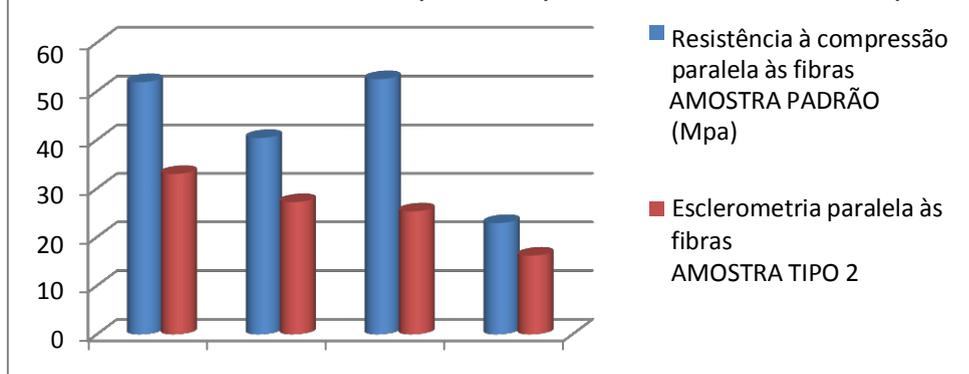
Quadro 28: Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela

Espécie	Resistência à compressão paralela às fibras AMOSTRA PADRÃO	Esclerometria paralela às fibras AMOSTRA TIPO 2
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	51,9	33
Esp.02 PEQUIÁ	40,4	27,2
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	52,5	25,3
Esp.04 CEDRO DOCE	21,8	16,2

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

No gráfico 3, a seguir, os dados do quadro 28 são comparados de forma a tornar sua compreensão mais clara.

Gráfico 3: Resistência à compressão paralela e esclerometria paralela



Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Identifica-se que tanto na resistência à compressão paralela às fibras (amostra padrão), quanto na esclerometria paralela às fibras (amostra bloquinho), os melhores resultados foram do Angelim Pedra, enquanto os piores foram do Cedro Doce.

No quadro 29, abaixo, são demonstrados os resultados gerais da compressão normal às fibras (amostra padrão) e esclerometria normal às fibras (amostra bloquinho) para cada uma das quatro espécies analisadas.

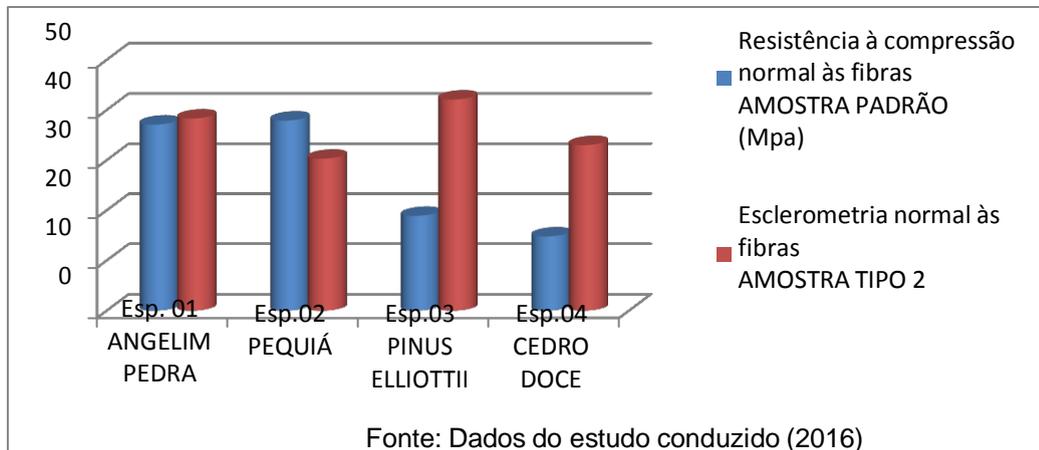
Quadro 29: Resistência à compressão normal (amostra padrão) e esclerometria normal (amostra tipo 2)

Espécie	Resistência à compressão normal às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa)	Esclerometria normal às fibras AMOSTRA TIPO 2
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	37,1	38,3
Esp.02 PEQUIÁ	37,9	30,3
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	18,9	42,1
Esp.04 CEDRO DOCE	14,8	33

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Para uma melhor visualização e compreensão desses dados, apresenta-se o gráfico 4, a seguir.

Gráfico 4: Resistência à compressão normal e esclerometria normal



No caso de resistência à compressão normal às fibras (amostra padrão), os melhores resultados obtidos referem-se ao Pequiá, enquanto que no caso da esclerometria normal às fibras (amostra tipo 2), os melhores resultados pertencem ao Pinus Elliottii.

No quadro 30 são apresentados os dados comparativos entre resistência paralela em amostra padrão, esclerometria paralela em amostra padrão e esclerometria paralela em amostra tipo 2.

Quadro 30: Resistência à compressão paralela (amostra padrão), esclerometria paralela (amostra padrão) e esclerometria paralela (amostra bloquinho)

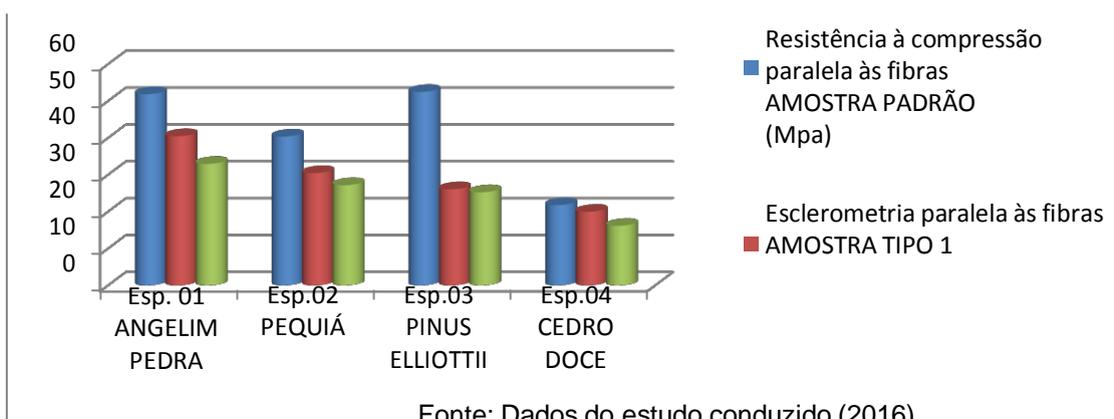
Espécie	Resistência à compressão paralela às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa)	Esclerometria paralela às fibras AMOSTRA TIPO 1	Esclerometria paralela às fibras AMOSTRA TIPO 2
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	51,9	40,5	33
Esp.02 PEQUIÁ	40,4	30,5	27,2
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	52,5	26,1	25,3

Esp.04 CEDRO DOCE	21,8	20	16,2
----------------------	------	----	------

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

O gráfico 5, a seguir, apresenta a comparação entre os dados apresentados no quadro 30.

Gráfico 5: Resistência à compressão paralela (amostra padrão), esclerometria paralela (amostra tipo 1) e esclerometria paralela (amostra tipo 2)



A análise do gráfico 5 permite compreender que, neste cenário, o Angelim apresenta os melhores resultados nos três testes realizados.

No quadro 31 são comparados os resultados gerais dos testes de resistência à compressão normal (amostra padrão), esclerometria normal (amostra padrão) e esclerometria normal (amostra bloquinho).

Quadro 31: Resistência à compressão normal (amostra padrão), esclerometria normal (amostra tipo1) e esclerometria normal (amostra tipo 2)

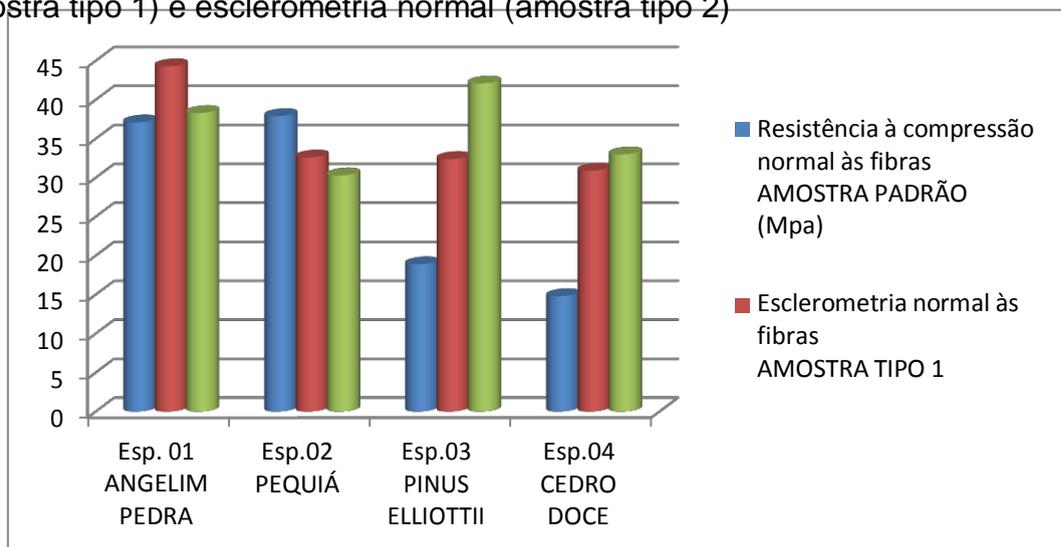
Espécie	Resistência à compressão normal às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa)	Esclerometria normal às fibras AMOSTRA TIPO 1	Esclerometria normal às fibras AMOSTRA TIPO 2
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	37,1	44,3	38,3
Esp.02 PEQUIÁ	37,9	32,6	30,3
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	18,9	32,4	42,1

Esp.04 CEDRO DOCE	14,8	30,9	33
----------------------	------	------	----

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

O gráfico 6 permite uma melhor comparação entre os dados apresentados no quadro 31.

Gráfico 6: Resistência à compressão normal (amostra padrão), esclerometria normal (amostra tipo 1) e esclerometria normal (amostra tipo 2)



Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

O gráfico 6 leva à compreensão de que na resistência à compressão normal às fibras com amostra padrão, o Pequiá apresentou os melhores resultados, na esclerometria normal às fibras com amostra padrão os resultados mais positivos são do Angelim Pedra e, por fim, no que tange a esclerometria normal às fibras com amostra bloquinho os melhores resultados foram do Pinus Elliottii.

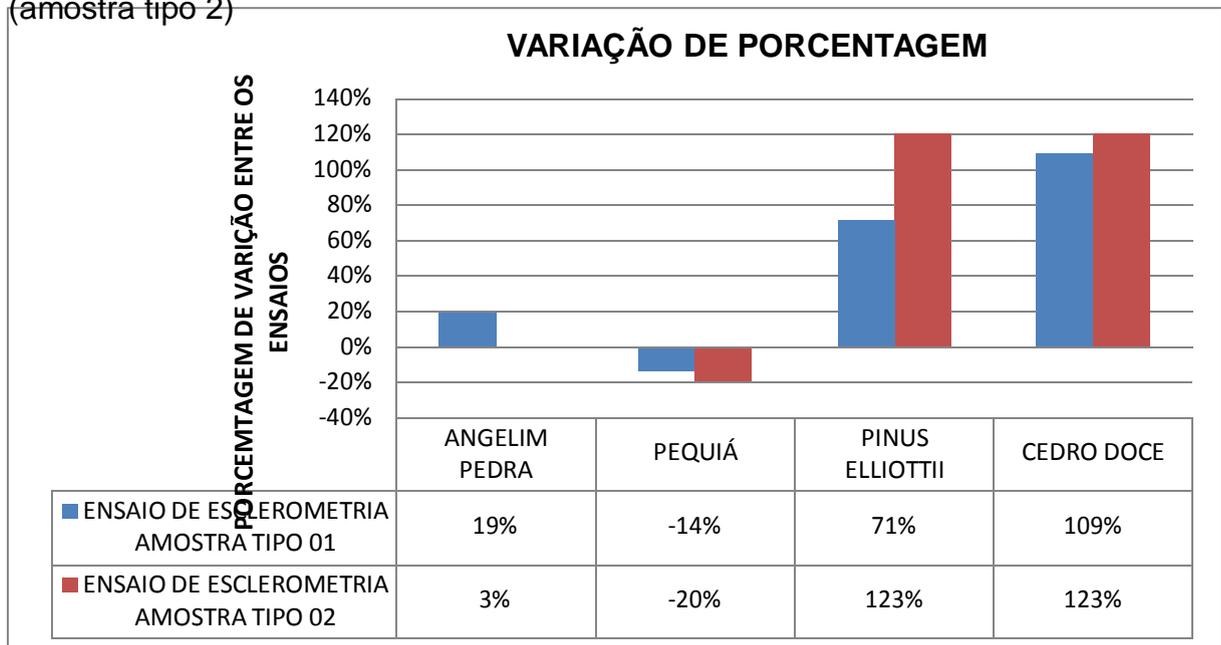
Quadro 32: Variação de porcentagem da amostra tipo 1 e amostra tipo 2

Espécie	Resistência à compressão normal às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa)	Esclerometria normal às fibras AMOSTRA TIPO 1	Variação De porcentagem	Esclerometria normal às fibras AMOSTRA TIPO 2	Variação De porcentagem
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	37,1	44,3	19 %	38,3	3%

Esp.02 PEQUIÁ	37,9	32,6	-14%	30,3	-20%
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	18,9	32,4	71%	42,1	123%
Esp.04 CEDRO DOCE	14,8	30,9	109%	33	123%

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Gráfico 7: Variação de porcentagem do ensaio de compressão paralela (amostra padrão), entre esclerometria paralela (amostra tipo 1) e esclerometria paralela (amostra tipo 2)



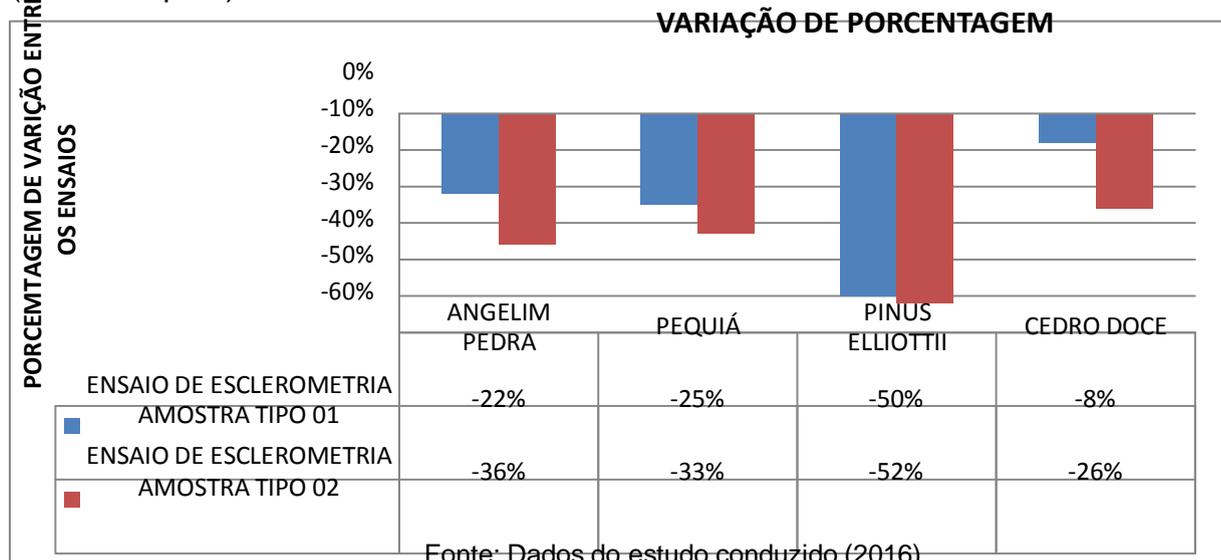
Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Quadro 33: Variação de porcentagem da amostra padrão, amostra tipo 1 e amostra tipo 2

Espécie	Resistência à compressão paralela às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa)	Esclerometria paralela às fibras AMOSTRA TIPO 1	Variação De porcentagem	Esclerometria paralela às fibras AMOSTRA TIPO 2	Variação De porcentagem
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	51,9	40,5	-22 %	33	-36%
Esp.02 PEQUIÁ	40,4	30,5	-25%	27,2	-33%
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	52,5	26,1	-50%	25,3	-52%
Esp.04 CEDRO DOCE	21,8	20	-8%	16,2	-26%

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Gráfico 8: Variação de porcentagem do ensaio de compressão normal (amostra padrão), entre esclerometria paralela (amostra tipo 1) e esclerometria paralela (amostra tipo 2)



4.8 Umidade

Seguindo-se a NBR 7190 procedeu-se, ainda, dos testes de umidade nas 4 espécies selecionadas, com 4 corpos de prova para cada espécie.

Quadro 34: Umidade Angelim Pedra

NBR 7190:1997 B.5 UMIDADE													FORMULA				
ESPÉCIE: ANGELIM PEDRA																U%=(100)/)
CORPOS DE PROVA	ESTADO AMBIENTE (g)			VARIAÇÃO %		VARIAÇÃO %		VARIAÇÃO %		VARIAÇÃO %	ESTADO SECO (g)	DIFERENÇA (g)	MÉDIA ESTADO AMBIENTE (g)	MÉDIA ESTADO SECO (g)		U%	
		1º	2º		3º		4º		5º								
CP.01	33,9	29,4	29,4	0,0%	29	1,4%	29	0,0%	29,0	0,0%	29,0	4,9	33,6	29,0		16,06 %	
CP.02	33,5	29,4	29,2	0,7%	29,1	0,3%	29,1	0,0%	29,1	0,0%	29,1	4,4					
CP.03	35	30,1	30,1	0,0%	29,8	1,0%	29,8	0,0%	29,8	0,0%	29,8	5,2					
CP.04	32	28,1	28,1	0,0%	27,9	0,7%	27,9	0,0%	27,9	0,0%	27,9	4,1					

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Quadro 35: Umidade Pequiá

NBR 7190:1997 B.5 UMIDADE													FORMULA			
ESPÉCIE: PEQUIÁ															U%=()/ 100	
CORPO S DE PROVA	ESTADO AMBIENTE (g)			VARIAÇÃO %	VARIAÇÃO %	VARIAÇÃO %	VARIAÇÃO %	ESTADO SECO (g)	DIFERENÇA (g)	MÉDIA ESTADO AMBIENTE (g)	MÉDIA ESTADO SECO (g)	U%				
		1º	2º	3º	4º	5º										
CP.01	26,5	22,4	22,4	0,0%	21,2	5,7%	21,2	0,0%	21,2	0,0%	21,2	5,3	22,21 %			
CP.02	26,4	22,6	22,6	0,0%	21,4	5,6%	21,4	0,0%	21,4	0,0%	21,4	5,0				
CP.03	25,6	22,1	21,9	0,9%	20,7	5,8%	20,7	0,0%	20,7	0,0%	20,7	4,9				
CP.04	28,8	25,9	25,8	0,4%	24,5	5,3%	24,5	0,0%	24,5	0,0%	24,5	4,3				
										26,8	22,0					

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Quadro 36: Umidade Pinus Elliottii

NBR 7190:1997 B.5 UMIDADE													FORMULA			
ESPECIE: PINUS ELLIOTTII													U%=()/ 100			
CORPOS DE PROVA	ESTADO AMBIENTE (g)			VARIACÃO %		VARIACÃO %		VARIACÃO %		VARIACÃO %	ESTADO SECO (g)	DIFERENÇA (g)	MÉDIA ESTADO AMBIENTE (g)	MÉDIA ESTADO SECO (g)		U%
		1º	2º		3º		4º		5º							
CP.01	15,8	14,3	14,1	1,4%	13,8	2,2%	13,8	0,0%	13,8	0,0%	13,8	2,0	15,6	13,6		14,13 %
CP.02	16	14,7	14,4	2,1%	14,1	2,1%	14,1	0,0%	14,1	0,0%	14,1	1,9				
CP.03	16,3	14,7	14,3	2,8%	14,3	0,0%	14,3	0,0%	14,3	0,0%	14,3	2,0				
CP.04	14,1	12,8	12,3	4,1%	12,3	0,0%	12,3	0,0%	12,3	0,0%	12,3	1,8				

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

Quadro 37: Umidade Cedro Doce

NBR 7190:1997 B.5 UMIDADE													FORMULA		
ESPÉCIE: CEDRO DOCE													U%=()/ 100		
CORPOS DE PROVA	ESTADO AMBIENTE (g)	1º	2º	VARIACÃO %		VARIACÃO %		VARIACÃO %		ESTADO SECO (g)	DIFERENÇA (g)	MÉDIA ESTADO AMBIENTE (g)	MÉDIA ESTADO SECO (g)	U%	
				3º	4º	5º									
CP.01	25,2	23,5	22,8	3,1%	22,2	2,7%	22,2	0,0%	22,2	0,0%	22,2	3,0	25,5	22,5	13,70 %
CP.02	26,4	24,7	24,1	2,5%	23,3	3,4%	23,3	0,0%	23,3	0,0%	23,3	3,1			
CP.03	24,9	23,2	22,5	3,1%	21,8	3,2%	21,8	0,0%	21,8	0,0%	21,8	3,1			
CP.04	25,6	23,9	23,2	3,0%	22,5	3,1%	22,5	0,0%	22,5	0,0%	22,5	3,1			

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)

4.9 DENSIDADE

Quadro 38: Densidade dos quatro tipos de madeira

ESPECIE: ANGELIM PEDRA						FORMULAS	
CORPOS DE PROVA	ESTADO AMBIENTE (g)	MEDIDAS (cm)	VOLUME (cm ³)	MEDIDAS (SATURADO) (cm ³)	VOLUME (SATURADO) (cm ³)	ρ —	MÉDIA DENSIDADE
CP.I	37,6	2,0x3,0x5,0	30	2,5x3,6x5,4	48,6	0,77	0,72
CP.II	33,6	2,0x3,0x5,0	30	2,7x3,6x5,4	52,5	0,64	
CP.III	36,6	2,0x3,0x5,0	30	2,5x3,6x5,4	48,6	0,75	
CP.IV	34,7	2,0x3,0x5,0	30	2,5x3,6x5,4	48,6	0,71	

ESPECIE: PEQUIÁ						FORMULAS	
CORPOS DE PROVA	ESTADO AMBIENTE (g)	MEDIDAS (cm)	VOLUME (cm ³)	MEDIDAS (SATURADO) (cm ³)	VOLUME (SATURADO) (cm ³)	ρ —	DENSIDADE MÉDIA g/cm ³
CP.I	30,7	2,0x3,0x5,0	30	2,5x3,6x5,5	49,5	0,62	0,64
CP.II	29,7	2,0x3,0x5,0	30	2,5x3,6x5,5	49,5	0,60	
CP.III	29,6	2,0x3,0x5,0	30	2,4x3,6x5,4	46,7	0,63	
CP.IV	33,4	2,0x3,0x5,0	30	2,5x3,5x5,5	48,1	0,69	

ESPECIE: PINUS ELLIOTTII						FORMULAS	
CORPOS DE PROVA	ESTADO AMBIENTE (g)	MEDIDAS (cm)	VOLUME (cm ³)	MEDIDAS (SATURADO) (cm ³)	VOLUME (SATURADO) (cm ³)	ρ —	DENSIDADE MÉDIA
CP.I	37,6	2,0x3,0x5,0	30	2,5x3,6x5,4	48,6	0,77	0,71
CP.II	33,6	2,0x3,0x5,0	30	2,7x3,5x5,6	52,9	0,63	
CP.III	36,6	2,0x3,0x5,0	30	2,5x3,6x5,5	49,5	0,74	
CP.IV	34,7	2,0x3,0x5,0	30	2,6x3,6x5,5	51,48	0,67	

ESPECIE: CEDRO DOCE						FORMULAS	
CORPOS DE PROVA	ESTADO AMBIENTE (g)	MEDIDAS (cm)	VOLUME (cm ³)	MEDIDAS (SATURADO) (cm ³)	VOLUME (SATURADO) (cm ³)	ρ —	DENSIDADE MÉDIA
CP.I	30,7	2,0x3,0x5,0	30	2,1x3,1x5,0	32,55	0,94	0,91
CP.II	29,7	2,0x3,0x5,0	30	2,2x3,2x5,0	35,2	0,84	
CP.III	29,6	2,0x3,0x5,0	30	2,1x3,2x5,0	36,3	0,82	
CP.IV	33,4	2,0x3,0x5,0	30	2,1x3,1x5,0	32,6	0,103	

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A realização dos testes para o desenvolvimento do presente trabalho foi de grande valia no sentido de compreender diferentes características apresentadas pelas amostras avaliadas. No teste de compressão paralela às fibras, identificou-se que as maiores resistências foram apresentadas pelo Angelim Pedra, seguido do Pinus Elliotti, Pequiá e, por fim, o Cedro Doce. No que tange a compressão normal às fibras, identificou-se que as maiores resistências foram apresentadas pelo Pequiá, na sequência Angelim Pedra, Pinus Elliotti e o Cedro Doce.

Quanto à esclerometria paralela das fibras os maiores índices esclerométricos foram apresentados pelo Angelim Pedra, Pequiá, Pinus Elliotti e Cedro Doce. Na esclerometria normal as fibras em amostra padrão, os maiores índices esclerométricos foram apresentados pelo Angelin, Pequiá, Pinus Elliotti e o Cedro Doce. No que se refere à esclerometria paralela as fibras em bloquinhos, os maiores índices esclerométricos foram apresentados pelo Angelin Pedra, Pequiá, Pinus Elliotti e o Cedro Doce. Pensando-se na esclerometria normal as fibras em bloquinhos, os maiores índices esclerométricos foram apresentados pelo Pinus Elliotti, Angelin Pedra, Cedro Doce e Pequiá.

A resistência paralela às fibras e a esclerometria paralela às fibras indicaram os maiores índices esclerométricos, na amostra padrão: Angelin Pedra, Pinus Elliotti, Pequiá e Cedro Doce. Na amostra tipo 1, os valores seguiram a ordem: Angelin Pedra, Pequiá, Pinus Elliotti e Cedro Doce. Pensando-se na resistência à compressão normal e esclerometria normal, para amostra padrão, os resultados foram: Pequiá, Angelin Pedra, Pinus Elliotti, Cedro Doce. Já para a amostra Tipo 1, os resultados foram: Angelin Pedra, Pequiá, Pinus Elliotti e o Cedro Doce.

No teste de resistência à compressão paralela e esclerometria paralela utilizando-se amostra padrão, os resultados foram: Pinus Elliotti, Angelin Pedra, Pequiá e Cedro Doce. Nas amostras Tipo 2, os resultados foram: Angelin Pedra, Pequiá, Pinus Elliotti e o Cedro Doce.

Por fim, quanto à resistência à compressão normal (amostra padrão), identificou-se os melhores resultados na seguinte ordem: Pequiá, Angelin Pedra, Pinus Elliotti e Cedro Doce. Para a esclerometria normal (amostra tipo 2), a ordem dos resultados foi: Pinus Elliotti, Angelim Pedra, Cedro Doce e Pequiá.

No teste de compressão paralela às fibras com Angelim Pedra, após a correção do teor de umidade, a resistência apresentou um aumento de 6,33 pontos. No mesmo teste, conduzido com Pequiá e após a correção da umidade, o aumento da resistência foi de 12,33 pontos. Para a amostra do Pinus Elliotti, mesmo seguindo-se os padrões dos testes das outras amostras, a resistência aumentou apenas em 3,1 pontos. No caso do Cedro Doce o aumento da resistência foi de apenas 1,1 ponto.

No que se refere à compressão normal às fibras, após a correção da umidade, a resistência do Angelim Pedra aumentou em 4,6 pontos. No Pequiá esse aumento foi de 11,5 pontos. No Pinus Elliotti o aumento de resistência percebido foi de 1,2 pontos e no Cedro Doce foi de 0,7 ponto.

De forma geral, os melhores resultados foram do Angelim Pedra, enquanto os menos favoráveis foram para Cedro Doce. Os ensaios padronizados podem ser destacados como aceitáveis, sendo relevante destacar que os resultados obtidos demonstram ser muito semelhantes aos resultados preconizados pela NBR 7190. Nos testes realizados com a utilização do esclerômetro, percebeu-se que os resultados variam de acordo com o tamanho da amostra e, assim, pode-se afirmar que o tamanho da amostra exerce influência direta sobre os índices obtidos.

Observou-se que existe uma tendência dos índices esclerométricos mostrarem valores inferiores à resistência paralela à fibra obtida no ensaio padronizado (conforme gráfico 5). Os índices esclerométricos na direção normal à fibra das espécies Angelim Pedra e Pequiá estiveram entre 22 e 25 % do valor convencional para as amostras Tipo 1 e entre 33 e 36 % para as amostras Tipo 2. Já para as espécies Pinus Elliotti e Cedro Doce, esta tendência não foi verificada (conforme o gráfico 8).

Em relação à resistência normal à fibra, não foi encontrada nenhuma tendência clara. Sugere-se que novos trabalhos venham a ser realizados com foco no tema a fim de estabelecer uma correlação mais precisa, utilizando-se de maior número de corpos provas e espécies de madeira, para que seja possível proceder de mais repetição dos ensaios e, assim, seja possível gerar mais números e os correlacionar para a obtenção de fórmulas e tabelas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Rejane Costa. **Qualificação dos ensaios não destrutivos para estimar as características físico-mecânicas da madeira**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-95XGPF/254.pdf?sequence=1>> Acesso em: 02 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584: Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1995.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Sistemas estruturais I. São Paulo: UNESP, 2006. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>> Acesso em: 12 set. 2015.

BELTRAME, Rafael et al. Resistência ao impacto da madeira de açoita-cavalo em diferentes condições de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 499-504, out./dez. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v16n4/a09v16n4.pdf>> Acesso em 17 set. 2015.

BOTTEGA, Fábio. **Análise do ensaio esclerométrico, um ensaio não destrutivo, nas estruturas de concreto**. Criciúma: UNESC, 2010. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000043/000043E8.pdf>> Acesso em: 17 set. 2015.

BRASILEIRO, Márcio José Timóteo Horizonte. **Contribuição dos sofistas para o grande impulso da evolução da filosofia grega tendo como contraposição Sócrates, vindo a contribuir para o desenvolvimento da filosofia ocidental**. Disponível em: <http://www.mp.ce.gov.br/esmp/publicacoes/ed1/artigos/05-contribuicao_sofistas_para_grande_impulso_evolucao.pdf> Acesso em: 02 set. 2015.

BRAZ, Rafael Leite et al. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de Toona Ciliata em diferentes idades. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n. 4, p. 663 - 670, out. / dez. 2013. Disponível em: <ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/download/30559/21720> Acesso em: 09 out. 2015.

CANDIAN, Marcela; SALES, Almir. Aplicação das técnicas não destrutivas de ultrassom, vibração transversal e ondas de tensão para avaliação de madeira. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 83-98, out./dez. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/9420/7046>> Acesso em: 30 set. 2015.

CASTRO, Elisângela de. **Estudo da resistência a compressão do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2009. Disponível em:

<<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/445/1/EstudoResistenciaCompressao.pdf>> Acesso em: 30 set. 2015.

ESCOBAR, Celcio José; CRUZ, Darlinton Andreotti; FABRO, Gilmar. Avaliação de desempenho do ensaio de esclerometria na determinação da resistência do concreto endurecido. **ANAIS DO 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO**. Set. 2008. Disponível em: <<http://site.abece.com.br/download/pdf/e-Artigo%20049-2011.pdf>> Acesso em: 30 set. 2015.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2007.

GONCALVES, Raquel; BARTHOLOMEU, André. Avaliação do desempenho de ensaio não destrutivo em vigas de madeira de *Eucalyptus citriodora* e *Pinus elliottii*. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 2000, vol.4, n.2, pp. 269-274. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n2/v4n2a23.pdf>> Acesso em: 03 out. 2015.

LOBÃO, Moisés Silveira et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.889-894, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v28n6/23990.pdf>> Acesso em: 10 out. 2015.

MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, Euclides Fieri de. **Determinação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Hevea brasiliensis* em relação ao painel de extração de látex**. Botucatu : [s.n.], 2011.

PELACANI, Valmir Luiz. **Responsabilidade na construção civil**. Curitiba: CREA-PR, 2010.

RIBEIRO, Nelson Porto. Contributo para uma “história da construção” no Brasil. **Anais do XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH • São Paulo**, julho 2011. Disponível em: <http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1312926097_ARQUIVO_Historia_Construcao_Brasil.pdf> Acesso em: 08 set. 2015.

RUNKIEWICZ, Leonard. Aplicação de métodos de teste não destrutivos para verificar as propriedades de materiais de construção no diagnóstico de construções. **Architecture civil engineering environment**. N°2, 2009.

SILVA, Marcio Rogério da. Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de eucalipto *citriodora* e *pinus taeda*. São Carlos, 2012.

SORIANO, Julio et al. Aplicações do método de ensaio esclerométrico em peças de eucalipto *salignasm*. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. 2011, vol.15, n.3, pp. 322-328. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n3/v15n3a15.pdf>> Acesso em: 18 set. 2015.

TECHNE Pini Revista. **Métodos de ensaio não destrutivos para estruturas de concreto**. Ed. 151. Out/2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/151/artigo-metodos-de-ensaios-nao-destrutivos-para-estruturas-de-286643-1.aspx>> Acesso em: 09 out. 2015.

VEIGA, Nádia Schiavon da. **Inferência da densidade da madeira estimada por esclerometria**. Campinas, SP : [s.n.], 2014.

ZENID, Geraldo José. **Madeira**: uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas SVMA, 2009.

ANEXOS

Verificação das propriedades mecânicas obtidas no laboratório

Espécie	Resistência média à compressão paralela às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa)	Resistência média à compressão paralela às fibras AMOSTRA PADRÃO (Mpa) (Fornecida pela NBR 7190)
Esp. 01 ANGELIM PEDRA	58,2	59,8
Esp.02 PEQUIÁ	52,7	-
Esp.03 PINUS ELLIOTTII	55,6	40,4
Esp.04 CEDRO DOCE	22,9	31,50

Fonte: Dados do estudo conduzido (2016)