

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EVANDRO RONEI WEIRICH

DETERMINAÇÃO DE VOLUMES DE LENHAS EMPILHADAS NO CAMPO
UTILIZANDO MEDIÇÕES COM TRENA E APLICATIVO MÓVEL

CURITIBA - PR

2022

EVANDRO RONEI WEIRICH

DETERMINAÇÃO DE VOLUMES DE LENHAS EMPILHADAS NO CAMPO
UTILIZANDO MEDIÇÕES COM TRENA E APLICATIVO MÓVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Manejo Florestal de Precisão, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Krulikowski
Rodrigues Pelissari

CURITIBA – PR

2022

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus filhos, Raquel Sofia e Daniel Thomas, que são a maior motivação para continuar a busca por dias melhores. A minha esposa pela força diária renovada. Aos meus pais pelos ensinamentos de base que jamais me deixam desistir de buscar e alcançar dias melhores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estudar e de evoluir no caminho da vida.

À família pela compreensão.

À equipe de trabalho pelo auxílio na coleta de dados e troca de ideias.

Também sou muito grato a empresa TIMBETER, na pessoa da Rachel Dia Giuseppe, pela disponibilidade do aplicativo para realização deste trabalho.

A todos que contribuíram de alguma forma, meu muito obrigado.

Resumo

Os volumes de lenhas devem ser auditados constantemente, visto que pode haver diferença entre os estoques físicos no campo e contábeis devido ao processo de secagem que acarreta rachaduras na madeira. Essa constante auditoria proporciona a necessidade de metodologias alternativas de medições, pois o método tradicional demanda elevado tempo para coleta e processamento dos dados. Neste contexto, objetivou-se comparar dois métodos para determinação dos volumes lenhas empilhadas no campo e a céu aberto, sendo: (1) tradicional, com medições do comprimento, altura e largura das pilhas, seguida do cálculo do volume de madeira empilhada; e, (2) alternativo, com uso do aplicativo TIMBETER instalado em um smartphone, sendo em ambos os métodos em metros estéreos. Para isso, o estudo foi conduzido em uma fazenda localizada no município de Irani, Santa Catarina. A madeira destinada para energia era oriunda de povoamentos de *Eucalyptus benthamii* colhidos com oito anos e a madeira processada em toras de 2,20 m de comprimento, disposta em pilhas que ficam de 90 a 120 dias no local, período de secagem. Considerando 32 pilhas (repetições), os valores médios de volume foram comparados pelo teste t de Student ($\alpha \leq 0,05$). Portanto, verificou-se que os volumes de madeira empilhada não apresentaram diferença estatística significativa entre os métodos avaliados. Sendo assim, o aplicativo se apresentou viável para determinação dos volumes empilhados de lenha, sendo de fácil uso, apresentando resultados confiáveis e de fácil auditoria, bem como, possibilitou a redução de mão-de-obra necessária para as medições, visto que no método tradicional foram necessárias pelo menos duas pessoas, enquanto o método alternativo possibilitou que apenas um operador realizasse a coleta de dados.

Palavras-chave: *Eucalyptus benthamii*; Pilhas de madeira; TIMBETER.

Abstract

The volumes of firewood must be constantly audited, since there may be differences between the physical stocks in the field and the accounting ones due to the drying process that causes cracks in the wood. This constant auditing provides the need for alternative measurement methodologies, since the traditional method demands high time for data collection and processing. In this context, the objective of this study was to compare two methods for determining stacked and open-pit firewood volumes: (1) traditional, with measurements of the length, height and width of the piles, followed by the calculation of the stacked wood volume; and, (2) alternative, with the use of the TIMBETER application installed on a smartphone, being in both methods in stereo meters. For this, the study was conducted on a farm located in the municipality of Irani, Santa Catarina. The wood for energy came from stands of *Eucalyptus benthamii* harvested at eight years old and the wood processed into 2.20 m long logs, arranged in piles that stay in place for 90 to 120 days, during the drying period. Considering 32 piles (repetitions), the mean volume values were compared using Student's t-test ($\alpha \leq 0.05$). Therefore, it was found that the stacked wood volumes did not present a statistically significant difference between the evaluated methods. Thus, the application proved to be viable for determining the stacked volumes of firewood, being easy to use, presenting reliable results and easy to audit, as well as enabling the reduction of manpower needed for the measurements, since the traditional method required at least two people, while the alternative method allowed only one operator to perform the data collection.

Keywords: *Eucalyptus benthamii*; Wood piles; TIMBETER.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Medição tradicional de lenha, madeira estocada em pilhas de madeira de acordo com o método do acordo com o quadro alemão para o comércio de madeira.....	12
Figura 2. Mapa do município de Irani, SC, destacando a fazenda objeto do estudo de campo (vermelho).	14
Figura 3. Rachamento de lenha com grua adaptada para esse fim.....	15
Figura 4. Pilhas duplas de lenha.....	16
Figura 5. Régua telescópica e fita métrica (trena) de 50 m utilizada na mensuração da lenha.	17
Figuras 6. Medição do volume das pilhas de lenha de <i>E. benthamii</i> , com auxílio de fita métrica(6A), e régua telescópica (6B) para determinação do volume em metro estéreo.....	17
Figuras 7. Imagem da página inicial do aplicativo TIMBETER.....	18
Figura 8. Bastão e smartphone com aplicativo TIMBETER instalado.....	18
Figura 9. Resultado da captura de imagens de uma pilha de lenha com aplicativo TIMBETER.....	19
Figura 10. Captura da imagem com dados de cada tora na pilha e contagem do número de toras com aplicativo TIMBETER.....	19
Figura 11. Resultado da captura de imagens de uma pilha de lenha com aplicativo TIMBETER, após delimitação da pilha e escolha do cálculo por contorno.....	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1. Povoamentos de Eucalipto para Geração de Energia.....	11
2.2. Pilhas de madeira para lenha e quantificação de estoque.....	11
2.2.1. Medição tradicional de pilhas de lenha.....	12
2.2.2. Medição com nova tecnologia das pilhas de lenha.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Área de estudo.....	14
3.2. Sistema de colheita de madeira empregado.....	15
3.3. Características do objeto de estudo.....	15
3.4. Determinação do volume pelo método tradicional.....	16
3.5. Determinação do volume por meio de aplicativo móvel.....	17
3.6. Análise estatística.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÕES.....	23
6. APÊNDICE.....	26

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o homem utilizou o fogo para se aquecer e realizar a cocção de seus alimentos e, como combustível desse processo, sempre utilizou a madeira na forma de lenha, fato que ainda continua a ser utilizado nos processos de geração de energia térmica (SIMIONI et al. 2018). Entretanto, com a sociedade moderna, muitas mudanças ocorreram nos hábitos das famílias que se concentram nos centros urbanos, incluindo os alimentares, por meio do consumo de alimentos pré-cozidos ou pratos prontos. Nesse contexto, grandes conglomerados agroindustriais surgiram e são responsáveis pela produção dos alimentos industrializados, como carnes, massas entre outros.

Esses complexos agroindustriais são grandes consumidores de lenha para operarem suas caldeiras que geram energia e vapor para cocção de alimentos (SIQUEIRA NETO 2018). Em 2019, no Brasil, foram consumidas $82.895.10^3$ t de lenha para os mais diversos fins, sendo $7.342.10^3$ t empregadas especificamente na indústria de alimentos e bebidas (EPE, 2020). Neste setor, as lenhas são estocadas nas fazendas por um determinado período, a fim de realizar a secagem, para posterior transferência e consumo nas caldeiras das unidades fabris que podem gerar vapor para produção de alimentos e cogeração de energia elétrica (SIQUEIRA NETO 2018).

Geralmente o gênero florestal mais utilizado para produção de energia é o *Eucalyptus* spp, por apresentar um rápido crescimento e se adaptar a praticamente todas condições climáticas encontradas no Brasil, havendo uma grande gama de variedades adaptadas (IBÁ, 2020). A depender da espécie, variedade, utilizada, pode ocorrer rachaduras na madeira após a colheita, durante o processo de secagem, fato esse que ocorre pela rápida perda de umidade para o meio, provocando as rupturas das estruturas e conseqüentemente uma perda de volume da pilha (BARROS, 2006). Conseqüentemente, o volume de madeira empilhada no campo se altera, fato popularmente denominado de “quebra técnica”.

Portanto, periodicamente, realizam-se inventários dos volumes de madeiras empilhadas no campo a fim de identificar possíveis alterações dos volumes que, conseqüentemente, impactam nos valores monetários dos mesmos.

No processo de conferência de estoque de lenha, todas as pilhas podem ser mensuradas pelo método tradicional, ou seja, com auxílio de trena, para obtenção dos comprimentos das pilhas e das toras, e régua telescópica, para obtenção das alturas. Com os dados obtidos, são calculados os volumes de pilhas por metro estéreo (m st) (SILVA, 1979). Esses valores de volumes são comparados com os contábeis que se encontram no sistema de gestão da empresa, que apontam variações significativas entre as medições periódicas. Além disso, nesse método são empregadas pelo menos duas pessoas, sendo posteriormente necessária a plotagem dos dados em planilhas eletrônicas e processamento dos dados, o que demanda grande quantidade de mão-de-obra e elevado tempo para coleta e processamento dos dados.

No mercado existem métodos alternativos para determinação de volumes de pilhas de madeira, sendo um deles o uso de aplicativos em smartphones, que podem ser uma solução mais fácil e rápida para medição de toras de madeira e gerenciamento de dados digitalmente. Por meio de fotos georreferenciadas, com apenas um operador, é possível determinar volumes e gerar relatórios instantaneamente, auxiliando gestores nas tomadas de decisões (TIMBETER, 2021).

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo comparar dois métodos para determinação de volumes de lenhas empilhadas no campo, com intuito de validar o método mais prático de mensuração. A ferramenta pode auxiliar nos inventários periódicos de pilhas de madeira, proporcionando maior confiabilidade, a fim de diminuir as diferenças entre estoque físico em campo com estoque contábil. Afinal quando se gera um estoque contábil, se agrega a ele todos os custos de produção, mas quando ao final do consumo desse estoque físico é diferente do contábil geramos uma perda financeira, pois todo planejamento e orçamento estava baseado no estoque contábil registrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Povoamentos de Eucalipto para Geração de Energia

Em determinada parte da história da humanidade, a lenha deixou de ser a fonte de energia mais utilizada e passou-se a empregar outras fontes de energia, como combustíveis fósseis. Contudo, a preocupação com os níveis dos estoques de combustíveis fósseis e com déficit hídrico, bem como em função do viés da sustentabilidade, pelo fato da biomassa florestal ser renovável e de rápida reposição, a lenha voltou a ser uma opção viável para geração dos diversos tipos de energia (SIQUEIRA NETO 2018).

O gênero *Eucalyptus* spp, oriundo da Austrália, Indonésia e Timor Leste, foi introduzido no Brasil, para fins silviculturais, pelo pioneiro Navarro Andrade por volta 1904, com o objetivo de suprir a demanda por lenha, dormentes e outros produtos (GONTIJO, 2018). Esse gênero é amplamente utilizado pelo setor florestal pois, devido a sua grande quantidade de espécies adaptadas aos mais diversos ambientes edafoclimáticos, se espalharam no país inteiro. Além disso, os povoamentos de eucalipto auxiliam na substituição do consumo e mitiga a pressão sobre as florestas nativas, garantindo a segurança energética e a proteção dos recursos naturais (COELHO JÚNIOR et al., 2020).

Entre meados da década de 1960 e 1980, com incentivos fiscais através de políticas públicas (Lei 5.106/1966), os plantios florestais se expandiram no Brasil (COELHO JUNIOR, 2020). A partir de meados da década de 1970, surgiram os primeiros trabalhos de zoneamentos agroclimáticos para identificar as espécies florestais mais adequadas para as diferentes condições climáticas existentes no país (GOLFARI et al., 1978; aput COELHO JUNIOR, 2020).

Tais estudos auxiliaram na escolha do material genético, como exemplo, menciona-se que no Paraná e Santa Catarina podem ser plantado *Eucalyptus benthamii*, por ser alternativa para as áreas com altitudes elevadas, acima de 800 m e com registros de frio extremo durante a estação do inverno, com temperaturas entre 0 e -6° C. Já as espécies de *E. badjensis* e *E. dunnii* se mostram tolerante a temperaturas próximas ou abaixo de 0 °C (PALUDZIYSZYN; SANTOS, 2011).

Atualmente, no Brasil, as principais fontes de biomassa florestal para abastecimento de carvoarias, termoelétricas e caldeiras das mais diversas indústrias

são os plantios florestais. Pois, para que o uso da biomassa florestal como fonte de energia seja considerado sustentável, é importante destacar que ela deve ser oriunda de florestas manejadas de forma sustentável. Afinal, no Brasil, houve uma forte devastação das florestas nativas, fato que iniciou a mudar a partir da introdução de espécies exóticas, principalmente do gênero *Eucalyptus*, que representa 77% das florestas plantadas, ou seja, ocupa aproximadamente 6,97 milhões de hectares (IBÁ, 2020).

2.2. Pilhas de madeira para lenha e quantificação de estoque

Após as etapas da colheita de madeira, as toras podem ficar dispostas em pilhas as margens dos talhões ou grandes pátios aguardando o processo de secagem da madeira para então ser transferida para consumo em caldeira. Geralmente, as pilhas ficam dispostas no campo por um período médio de 90 a 100 dias até atingir uma umidade entre 30 e 40% (BARROS, 2006). Tais umidades garantem valores elevados de poder calorífico líquido nas caldeiras, nas pilhas de madeira os teores de umidade podem variar, quanto mais próximo ao solo a tendência que sejam encontrados teores de umidade superiores aos encontrados na parte mediana e superior da pilha (BARROS, 2006).

2.2.1 Medição tradicional de pilhas de lenha

Para medição das pilhas de lenha, utilizando o método considerado tradicional, utiliza-se trena para obtenção do comprimento total da pilha e comprimento médio das toras, e régua telescópica, para obtenção das alturas (Figura 1).

Esse método manual é trabalhoso, envolve no mínimo duas pessoas, mas para uma maior acurácia, pode requerer uma equipe com mais integrantes. É um método considerado eficiente, mas ao mesmo tempo frágil, depende de anotações dos dados e posterior transferência e cálculo do volume empilhado. De forma mais prática, o cálculo do volume em metro estéreo ocorre multiplicando comprimento da pilha pela altura média e comprimento das toras.

Segundo Batista e Couto (2002), o estéreo surge na França em 1798, quando da implantação do sistema métrico, se espalhou por ser um método simples que utiliza a fitas métricas e ou bastão graduado. No Brasil vem sendo adotado desde a

época da colonização, mas não é reconhecido como uma medida do sistema internacional, portanto o Instituto de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial – INMETRO, em 1999 fixou a portaria número 130 definindo o término do uso da medida estéreo até 31 de dezembro de 2009, assim deixando de ser uma medida oficial a ser utilizada em transações comerciais. Entretanto, essa unidade de medida ainda é muito utilizada para comercialização de madeira, assim como para aferição da produção de determinada floresta, servindo de base para o pagamento pelos serviços de colheita (BATISTA; COUTO, 2002).

Para o cálculo do volume de madeira empilhada em metros estéreos, utiliza-se a equação:

$$\text{Volume Empilhado} = L \times l \times h_i$$

Sendo:

L= comprimento total da pilha

l= largura da pilha e ou comprimento das toras

h_i = altura média da pilha

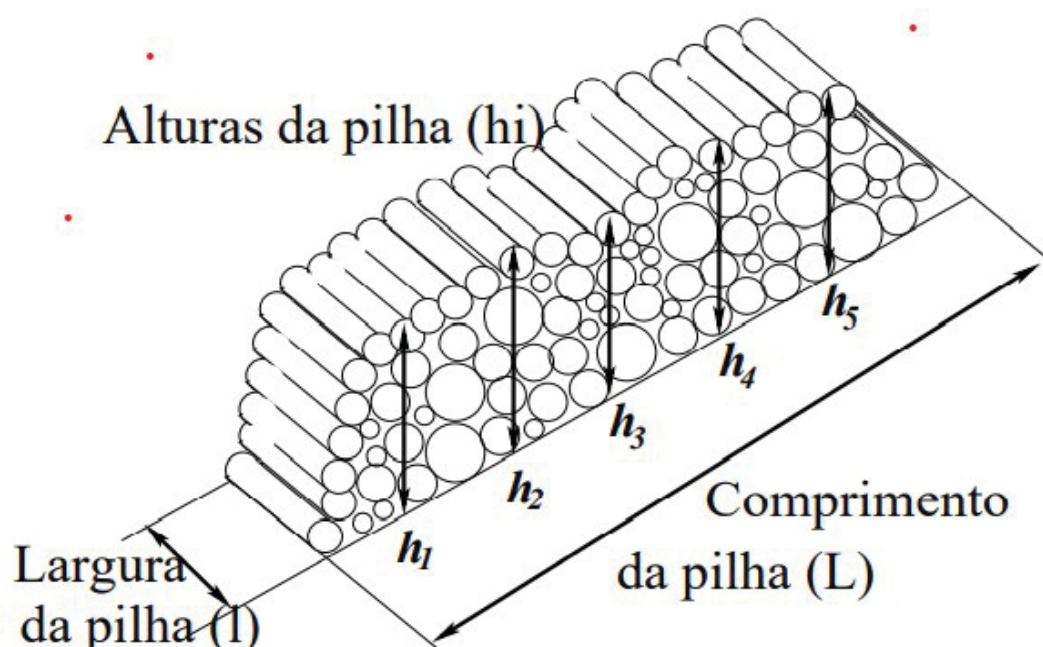


Figura 1. Medição tradicional de lenha, madeira estocada em pilhas de madeira de acordo com o método do acordo-quadro alemão para o comércio de madeira.

Fonte: (BATISTA e COUTO, 2002).

2.2.2. Medição com nova tecnologia das pilhas de lenha

Uma das grandes dificuldades encontradas nas empresas florestais é a mão de obra qualificada para realização das mais variadas operações, para tanto, muitas tecnologias vêm sendo desenvolvidas no intuito de facilitar e agilizar essas operações, assim como serem desenvolvidas com segurança e confiabilidade.

Nesse sentido muitas metodologias vêm sendo testadas e uma das técnicas mais promissoras é a utilização do processamento de imagens das pilhas de madeira. Basicamente ocorre a tomada de imagens da face da pilha e através do tratamento da imagem com a diferença de cores, pressupondo um valor médio para cada pixel, de fundo da imagem e os de primeiro plano (teoricamente objetos alvo), onde o valor pode ser alcançado calculando a média ponderada entre os pixels de fundo e primeiro plano (Ridler e Calvard apud Silva et al. 2005). Em outras palavras “o método assume que o limiar se encontra no valor de brilho que faz com que o histograma seja dividido em duas partes iguais segundo uma média ponderada” SILVA et al. (2005).

As medições com uso de aplicativo agilizam o processo, deixando uma transparência muito grande com relação a coleta dos dados, assim como garante uma fácil localização das pilhas de madeira em casos de remedições e ou auditorias por registrar as coordenadas geográficas do local em que estão dispostas. Os dados podem ser coletados por apenas um operador treinado, que realiza o processo de tomada de imagens da pilha seguindo as orientações do próprio aplicativo. Após coleta das imagens os dados são rapidamente calculados para então gerar relatórios que podem facilmente ser compartilhados (TIMBETER, 2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma fazenda localizada no município de Irani, meio oeste do estado de Santa Catarina (coordenadas geográficas 27°01'45" S e 51°54'01"). Irani tem 60% de sua área territorial em altitude acima de 1.000 m. O clima é subtropical, podendo apresentar temperaturas negativas no inverno e passar dos 30 °C no verão, com temperatura média anual de 16,4 °C. (IRANI, 2021). Na (Figura 2) pode ser observado em destaque o município de Irani e a localização da fazenda dentro do seu território, local de coleta dos dados realizada entre agosto e setembro de 2021.

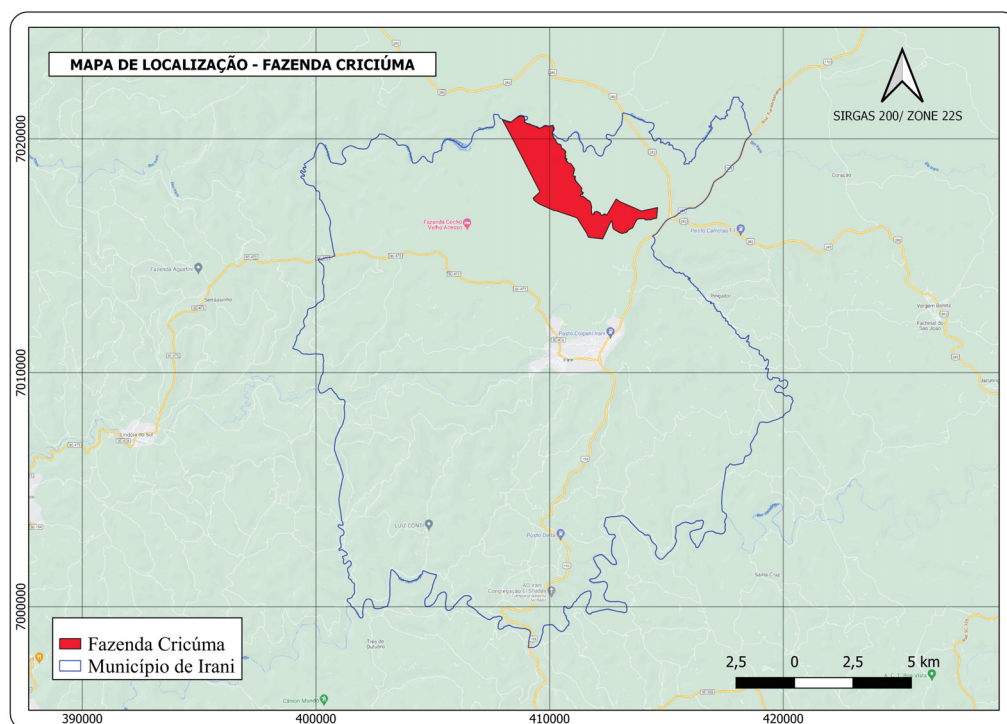


Figura 2. Mapa do município de Irani, SC, destacando a fazenda objeto do estudo de campo (vermelho).

Fonte: O autor (2022).

3.2. Sistema de colheita de madeira empregado

A colheita de madeira foi realizada de forma mecanizada e ocorreu em três etapas, sendo: (1) o corte, realizado por um cabeçote feller direcional, que deixa as árvores dispostas no solo em feixes; (2) o arraste com um Skidder, após 15 a 20 dias do corte; e, (3) processamento realizado por uma garra traçadora, sendo as toras empilhadas na margem do talhão.

As pilhas de lenha formadas seguiam um padrão pré-determinado, segmentos de 2,20 m, comprimento da pilha de no máximo 150 m com as cabeceiras em formato de 45°, e altura máxima de 3,5 m. havendo lenha com diâmetros superior a 30 cm, sendo acrescentada uma operação que era o rachamento, realizado com uma grua adaptada para esse fim, (figura 3).



Figura 3. Rachamento de lenha com grua adaptada para esse fim.

Fonte: O autor (2022).

3.3. Características do objeto de estudo

Foram mensuradas 32 pilhas de madeira destinadas à lenha, oriundas de povoamentos de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. As pilhas eram compostas por toras de 2,20 m de comprimento e se localizavam nas margens do talhão para secagem, local em que ficam, por um período de 90 a 120 dias, para então serem transferidas para unidade consumidora, ou seja, para a caldeira que é alimentada com lenha inteira.

As pilhas eram de dimensões variadas em altura e comprimento, em função da produtividade e tamanho dos talhões. Entre as pilhas amostradas durante o

estudo, algumas eram de lenha rachada (5 pilhas), essas pilhas são menores, pois são rachadas as toras com mais de 30 cm de diâmetro. Além disso, em determinados locais haviam pilhas duplas (Figura 4), distantes em média, 1 metro entre elas para que haja circulação de ar, mantendo as pilhas arejadas e garantindo a perda de umidade durante o processo de estocagem. Prática essa que otimiza a colocação, espaço as margens das estradas, das mesmas devido as condições do relevo ondulado, o que dificulta a colocação, da lenha, formação de pilhas em toda extensão das margens do talhão.



Figura 4. Pilhas duplas de lenha.

Fonte: O autor (2022).

3.4. Determinação do volume pelo método tradicional

Após formação das pilhas de lenha as mesmas foram medidas através do método de cubagem rigorosa, obtendo o volume em metros estéreos, sendo o valor encontrado considerado referência para pagamentos dos serviços realizados das diferentes etapas da colheita e entrada nos estoques contábeis da empresa, esse passa a ser o valor monetário e volume considerado como estoque real de lenha, passível de auditoria.

Foram realizadas medições em 32 pilhas de lenha com 60 dias de empilhamento. Para medição dos volumes de lenha foi utilizada uma fita métrica de 50 m e régua telescópica (figura 5). O comprimento é aferido esticando a trena ao lado da pilha de realizando a leitura do comprimento (figura 6A). As alturas foram

aferidas a cada 10 m, exceto em pilhas mais curtas onde foram coletadas 3 medidas de altura (figura 6B).



Figura 5. Régua telescópica e fita métrica (trena) de 50 m utilizada na mensuração da lenha.

Fonte: O autor (2022).



Figuras 6. Medição do volume das pilhas de lenha de *E. benthamii*, com auxílio de fita métrica(6A), e régua telescópica (6B) para determinação do volume em metro estéreo.

Fonte: O autor (2022).

3.5. Determinação do volume por meio de aplicativo móvel

Com aplicativo TIMBETER®, versão Id. 317, (figura 7) e bastão de tamanho conhecido e smartphone em que o aplicativo estava instalado (figura 8), foram tomadas as imagens da face das 32 pilhas de lenha. Para mensuração via aplicativo móvel são capturadas uma sequência de imagens da pilha de lenha.



Figuras 7. Imagem da pagina inicial do aplicativo TIMBETER.

Fonte: O autor (2022).



Figura 8. Bastão e smartphone com aplicativo TIMBETER instalado.

Fonte: O autor (2022).

Durante a captura da imagem, a circunferência de cada tora foi mensurada, sendo indicada na (Figura 9) a pilha inteira sem o ajuste do limite da pilha, todas as toras são delimitadas por um círculo verde contendo a medida individual detalhada na (Figura 10). Posteriormente, realizou-se o ajuste do contorno rigoroso da pilha, excluindo materiais capturados pela imagem que não fazem parte da pilha, para então calcular o volume (Figura 11).



Figura 9. Resultado da captura de imagens de uma pilha de lenha com aplicativo TIMBETER.

Fonte: O autor (2022).



Figura 10. Captura da imagem com dados de cada tora na pilha e contagem do numero de toras com aplicativo TIMBETER.

Fonte: O autor (2022)

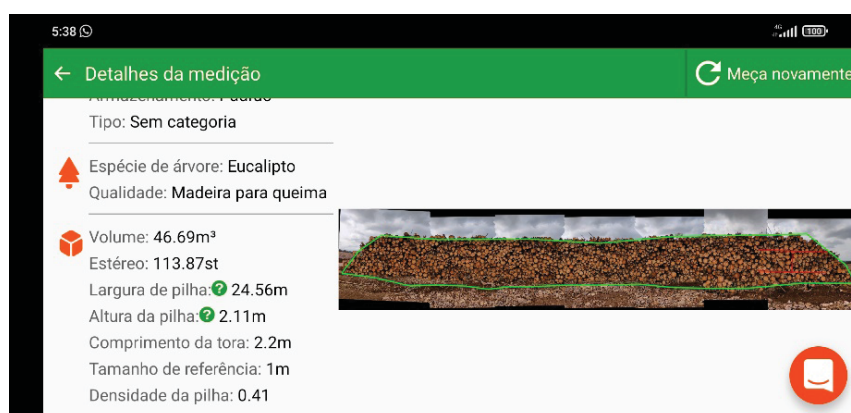


Figura 11. Resultado da captura de imagens de uma pilha de lenha com aplicativo TIMBETER, após delimitação da pilha e escolha do cálculo por contorno.

Fonte: O autor (2022).

Os volumes das pilhas de lenha podem ser calculados de duas formas, sendo por meio da densidade ou do contorno. Para densidade, o resultado é em metros cúbicos, excluindo todos espaços vazios entre as madeiras, enquanto para contorno o resultado encontrado é em metros estéreos. Para esse estudo comparativo foi utilizado a medição do contorno obtendo a medição em metros estéreos.

3.6. Análise estatística

Para demonstrar o nível de significância dos dados coletados com dois sistemas de medição, trena e aplicativo, os valores médios foram comparados pelo teste t de *Student* ($\alpha \leq 0,05$) e teste F para análise de variância, os quais se encontram no apêndice.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas pilhas apresentaram diferenças menores que 5% entre os métodos de determinação dos volumes, enquanto que outras apresentaram diferenças maiores que 100%. Essa diferença de volumes em determinadas pilhas de lenha pode ter ocorrido devido a falhas na leitura dos números das pilhas, pois as mesmas já estavam formadas há pelo menos 60 dias, e sua numeração era feita com tinta no momento da primeira medição, mas nesse período de secagem as toras racharam dificultando a interpretação dos números. A mensuração não ocorreu simultaneamente, no mesmo dia, a medição com trena e aplicativo teve intervalo de uma semana, fato que pode ter afetado a interpretação dos números das pilhas. Portanto, o uso de uma metodologia que georreferencie as pilhas se mostram necessárias, pois tais erros na execução do trabalho, como a identificação incorreta das pilhas seria eliminado. Essa falha na identificação das pilhas em uma remedição pode ter impacto direto nos resultados induzindo a erros grotescos em uma definição de aplicação da quebra técnica do estoque. Também podem influenciar nas medições periódicas e influenciar a “quebra técnica”.

Entretanto, quanto ao volume total de lenha, ou seja, a soma de todas as pilhas, os valores entre os métodos ficaram muito próximos, sendo para a medição tradicional 7.215,98 mst e com a utilização do aplicativo móvel, o valor obtido foi de

7.230,56 m st, com uma diferença de 0,20%. Devido à similaridade dos volumes totais das pilhas, acredita-se que o erro ocorreu somente na identificação de pilhas. Logo, percebe-se que para realizar uma correta gestão do estoque de lenha, as pilhas devem ser devidamente identificadas e georreferenciadas.

Outro fator de influência sobre as variações entre os métodos de determinação de volumes de pilhas ocorreu pela falta de prática dos operadores. Afinal, a captura das imagens era simples e intuitiva, se a câmera não estivesse no ângulo correto, o aplicativo indicava uma mensagem de erro e não ocorria a captura. Após correção do erro a imagem era capturada e os dados armazenados, assim como a distância entre ponto de captura de uma imagem a outra garantindo a correta sobreposição das imagens era acusada pelo aplicativo, proporcionando uma assertividade da coleta das imagens. Todo esse processo rapidamente é absorvido pelo operador dando celeridade ao processo de mensuração com o aplicativo.

Dessa forma, verificou-se que embora haja uma necessidade de treinamento dos trabalhadores em realizarem a correta identificação das pilhas, para comparações dos volumes, evidencia-se que as medições realizadas com o aplicativo se mostraram tão eficiente quanto as realizadas com trena e régua telescópica. Além disso, o aplicativo possibilita armazenar as coordenadas geográficas das pilhas, de forma que haja uma adequada gestão dos estoques de madeira para lenha.

As medições com a trena e régua telescópica foram eficientes, mas demandaram maior quantidade de mão-de-obra, sendo no mínimo 2 pessoas para obtenção dos dados. Além disso, os trabalhadores precisam se deslocar muito próximo as pilhas de lenha e se expõem a riscos como quedas, contusões e até riscos ergonômicos, pelas características do relevo, sendo necessário subir e descer desníveis. Por outro lado, a medição com o aplicativo TIMBETER envolveu apenas uma pessoa e se mostrou uma operação mais segura, pois para realizar a medição a pessoa se afasta da pilha de lenha e vai se deslocando paralelamente mantendo a distância, apenas sendo necessário uma aproximação para colocação do objeto de tamanho conhecido que deve aparecer em uma tomada de imagem.

Outra vulnerabilidade da medição com trena foi a dificuldade encontrada quando necessário a remedição de uma pilha, pois dificilmente se consegue realizar a medição da altura no mesmo local em que foi coletada a primeira informação,

provocando uma certa insegurança quando de alguma conferência, a numeração das pilhas com tinta muitas vezes fica ilegível, dificultando a comparação de volumes nesses casos.

Outras vantagens observadas com a utilização do aplicativo foram: o aplicativo é de fácil operacionalização, muito intuitivo, sendo necessário apenas um objeto de tamanho conhecido e um aparelho celular com boa carga de bateria; e o armazenamento das imagens podem ser em uma nuvem da empresa TIMBETER, podendo revisitar a qualquer momento e realizar ajustes caso seja necessário. Em toda medição realizada são registradas as coordenadas geográficas da pilha, o que elimina a perda de identidade da mesma, fato que pode ocorrer com marcações a base de tinta. Isso transmite uma maior transparência ao processo de medição, facilitando a auditoria.

Uma desvantagem foi observada quanto ao processo de medição com o aplicativo, caso haja algum obstáculo físico impedindo a tomada total da imagem provoca uma falha na imagem, sendo necessário a correção manual do contorno, podendo causar distorções nessa operação. Entretanto, o aplicativo móvel mostrou diversas vantagens anteriormente mencionadas, de forma que seja possível recomendar seu uso como uma ferramenta para realização do inventário do estoque de volume de forma periódica.

5. CONCLUSÕES

Ao realizar este trabalho ficou evidente que é possível implantar alternativas para determinação de volumes de lenhas estocadas no campo;

As pilhas devidamente identificadas e georreferenciadas podem auxiliar na mitigação da “quebra técnica”; e,

O aplicativo se apresentou como uma alternativa viável para mensuração em pilhas de lenha, sendo de fácil uso, apresentando resultados confiáveis e de fácil auditoria.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; **O Estéreo**. METRVM é uma publicação on-line do Laboratório de Métodos Quantitativos do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ, Universidade de São Paulo. 2002. Disponível em <http://lmq.esalq.usp.br/METRVM/>.

BARRO, M. V.; **Fator de cubicação para madeira empilhada de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, com torretes de dois comprimentos, e sua variação com o tempode exposição ao ambiente**. UFSM, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Santa Maria, 2006.

COELHO JÚNIOR, L. M.; NUNES, A. M. M.; PÁDUA, J. F. F.; SANTOS JUNIOR, E. P.; LIMA, P. A. F.; O desenvolvimento brasileiro das florestas de rápido crescimento com fins energéticos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 28111-28125, maio 2020.

CONTIJO, D. O.; **Silvicultura do Eucalipto: principais espécies cultivadas no Brasil e suas características**, 2018. Disponível em <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/56452>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balço energético Nacional 2020**: Ano base 2019. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 19 Nov. 2021.

IRANI, 2021. Disponível em <https://www.irani.sc.gov.br/cms/diretorio/index/codMapaltem/53338>.

PALUDZIYSZYN, F. E.; SANTOS, P. E. T.; **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas**. Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2011.

Relatório anual 2019, ibá – indústria brasileira de árvores, disponível em <https://www.iba.org/publicacoes>, consultado em 10/06/2021.

TIMBETER, 2021. Disponível em <https://timbeter.com/solutions/timbeter/>.

SILVA, M. C.; SOARES, V.P.; PINTO, F. A. C.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, C. A. A. S.; Determinação do volume de madeira empilhada através de processamento de imagens digitais. **Scientia Forestalis**, n. 69, p.104-114, dez. 2005.

SILVA, J. A. A. da; PAULA NETO, F. de; Princípios básicos de dendrometria. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 1979.

SIMIONI, F. J.; BUSCHINELLI, C. C. A.; DEBONI, T. L.; PASSOS, B. M.; **Cadeia produtiva de energia de biomassa florestal: o caso da lenha de eucalipto no polo produtivo de Itapeva – SP**. Ciência Florestal, Santa Maria, RS, v.28, n. 1, p 310-323. jan. – mar. 2018.

SIQUEIRA NETO, A. T. de; **Planta de cogeração a biomassa como alternativa para geração de energia elétrica e térmica em uma indústria frigorífica de frangos**. Abilio Teixeira de Siqueira Neto; orientador Edson Bazzo; coorientador, Eduardo Lucas Konrad Burin. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de pós Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2018.

6. APÊNDICE

Teste F - Volume (mst) - COMPARAÇÃO DE VARIÂNCIAS (95%)

Testando o Volume da trena e o volume Timbeter

```
var.test((dados$Medição.trena), (dados$Medição.contorno.Timbeter))
```

RESULTADO: F = 0.82349 NUM DF: 31 DENOM DF = 31 P-VALUE = 0.592

Interpretando: P valor é maior que 0,05 por isso rejeita H1 e aceita H0, ou seja, não há diferença por meio do Teste F.

Teste T - Student - Volumes (5%)

```
t.test((dados$Medição.trena), (dados$Medição.contorno.Timbeter))
```

RESULTADO: P-VALUE = 0.9928 T= -0.0090588 DF = 61.424

Interpretando: P valor é maior que 0,05 por isso rejeita H1 e aceita H0, ou seja, não há diferença por meio do Teste T entre os volumes em mst dos dois métodos.

EXPORTAR DADOS DO R

```
write.table("Resultados_finais.csv",sep=";", dec=".", col.names=T,row.names=F)
```

Tabela 1. Volumes de lenhas obtidos pelo método tradicional e alternativo (aplicativo móvel).

Pilhas	Método tradicional	Método alternativo	Diferença
	Volume da pilha (m st)		(%)
1	26,31	27,12	-3,08
2	422,70	346,70	17,98
3	423,21	405,09	4,28
4	207,25	188,73	8,94
5	306,75	252,71	17,62
6	105,17	84,00	20,13
7	544,40	564,83	-3,75
8	209,07	180,76	13,54
9	100,25	101,96	-1,71
10	35,63	26,15	26,61
11	279,60	211,77	24,26
12	405,84	665,46	-63,97
13	101,57	234,87	-131,24
14	12,67	14,39	-13,58
15	254,01	100,01	60,63
16	184,27	181,61	1,44
17	351,30	90,55	74,22
18	10,56	9,47	10,32
19	107,90	567,83	-426,26
20	134,72	403,34	-199,39
21	771,01	812,13	-5,33
22	9,65	10,75	-11,40
23	208,36	184,78	11,32
24	113,70	83,54	26,53
25	115,52	101,36	12,26
26	733,93	600,68	18,16
27	181,74	116,89	35,68
28	266,85	135,50	49,22
29	116,30	87,63	24,65
30	140,46	151,02	-7,52
31	187,31	139,02	25,78
32	147,97	149,91	-1,31
Soma	7.215,98	7.230,56	0,20

Fonte: O autor (2021).