

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

LARISSA FERREIRA DE LIMA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**APLICAÇÃO DE CONGLOMERADOS DE LINHAS INTERCEPTADORAS
PARA INVENTÁRIO DE RESÍDUOS DE *Pinus taeda***

CURITIBA

2018

LARISSA FERREIRA DE LIMA

**APLICAÇÃO DE CONGLOMERADOS DE LINHAS INTERCEPTADORAS
PARA INVENTÁRIO DE RESÍDUOS DE *Pinus taeda***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina AS1002 e requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientador: Professor Dr. Allan Libanio Pelissari

CURITIBA

2018

AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná e professores, por toda ajuda e aprendizado;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari, pelos trabalhos que tive oportunidade de desenvolver e por toda paciência, compreensão, ensinamentos e colaboração durante o Trabalho de Conclusão de Curso;

Aos meus pais, Iwerson e Silvana pela educação e apoio durante esses anos em que estive fora de casa;

Aos amigos antigos e aos que fiz durante a graduação, em especial ao Bruno Ruvinski pelo companheirismo;

A empresa pela oportunidade de desenvolver o estudo; e

A Deus, por me acalmar em momentos de insegurança e aflição durante essa etapa.

DADOS DA ACADÊMICA

Nome da aluna: Larissa Ferreira de Lima

GRR: 20132700

RESUMO

A manutenção dos resíduos florestais sobre o solo apresentam diversos benefícios, como cobertura do solo servindo como proteção contra erosões, aumento da biomassa microbiana, redução dos extremos térmicos, dentre outros. Contudo, também apresenta pontos negativos, como o aumento da ocorrência de incêndios florestais e a dificuldade das operações silviculturais na reforma de povoamentos. O método de linha interceptadora é aplicado na realização do inventário de resíduos para fins de quantificação desse material. Neste trabalho, o objetivo principal foi a aplicação do método de linha interceptadora, a fim de estimar o volume de resíduos remanescentes e o número de galhos por hectare em um povoamento de *Pinus taeda* L., bem como avaliar a qualidade da operação de colheita de madeira e cavaqueamento. Utilizou-se o método de linha interceptadora em conglomerado, composto por 4 subunidades amostrais de 15,71 m cada, formando assim a unidade amostral em cruz-de-malta. As subunidades se distanciaram em 5 m do centro do conglomerado e foram alocadas de forma sistemática sempre orientada para a face Norte. Foram alocadas 10 unidades amostrais em conglomerados de forma aleatória. Os valores estimados para as duas variáveis foram satisfatórios, porém os erros foram superiores aos indicados na literatura de 20%, onde o volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e o número de peças ($\text{n}^\circ \text{ha}^{-1}$) apresentaram 23,93 e 28,67% de erro de amostragem respectivamente. Do total de peças mensuradas no povoamento, 13% apresentou diâmetros iguais ou superiores ao limite de 4 cm, correspondente a $10,26 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, indicando que pouco material residual com interesse comercial permaneceu no local. A aplicação do método de linha interceptadora em conglomerados é indicada para amostrar os resíduos remanescentes da colheita de madeira, uma vez que as médias de volume e número de peças por hectare apresentam valores satisfatórios quando comparados com estudos semelhantes da literatura. A maior parte do volume quantificado de material residual não apresenta dimensões com interesse comercial, indicando, dessa forma, boa qualidade da operação de colheita da madeira.

Palavras chaves: Colheita da madeira, Qualidade, Resíduo florestal.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DO POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> SOB ESTUDO E IMAGEM DA ÁREA PÓS-COLHEITA.....	16
FIGURA 2 – PROCESSAMENTO DAS ÁRVORES NA MARGEM DO TALHÃO.	17
FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE COLHEITA DA MADEIRA DE ÁRVORES INTEIRAS E CAVAQUEAMENTO NO POVOAMENTO <i>Pinus taeda</i>	18
FIGURA 4 – ALOCAÇÃO DAS SUBUNIDADES EM UM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i>	19
FIGURA 5 – ALOCAÇÃO ALEATÓRIA DOS CONGLOMERADO NO POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i>	19
FIGURA 6 – HISTOGRAMAS DE FREQUÊNCIA DAS VARIÁVEIS VOLUME DE RESÍDUOS E NÚMERO DE PEÇAS POR HECTARE EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i>	25
FIGURA 7 – DIAGRAMA DE PARETO DAS FREQUÊNCIAS ABSOLUTA E RELATIVA ACUMULADA DE RESÍDUOS EM CLASSES DE DIÂMETRO EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i>	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESTATÍSTICAS DO INVENTÁRIO DE RESÍDUOS EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i>	27
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVO	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 INVENTÁRIO FLORESTAL	11
3.2 MÉTODO DE AMOSTRAGEM.....	11
3.2.1 Unidades de amostra em conglomerados.....	12
3.3 MÉTODO DE LINHA INTERCEPTADORA.....	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Erro!
Indicador não definido.	
4.2 SISTEMA DE COLHEITA DA MADEIRA	17
4.3 PROCESSO DE AMOSTRAGEM DE RESÍDUOS	18
4.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLHEITA DE MADEIRA	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLHEITA DA MADEIRA E CAVAQUEAMENTO	28
6 CONCLUSÕES	30
7 RECOMENDAÇÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Portaria Normativa nº 302 – P/IBDF, de 03 de julho de 1984 (IBDF, 1984), os resíduos florestais são sobras de material, que não são o objeto prioritário da atividade, resultante da alteração sofrida pela matéria-prima florestal quando submetida à ação exterior por meio de processos mecânicos, físicos e/ou químicos. Como por exemplo, os galhos finos e grossos, as folhas, os tocos, a casca, a serragem, as aparas de madeira, ponteiros, toras sem dimensões comerciais e raízes.

De acordo com Maeda e Medrado (2017), pratica-se o cultivo mínimo em plantações comerciais, onde o preparo do solo é realizado apenas no local do cultivo, mantendo assim o restante dos resíduos na superfície, pois a permanência deles em campo promove diversos benefícios, como ciclagem de nutrientes, proteção e conservação do solo.

Os resíduos florestais remanescentes no campo podem também apresentar um aspecto negativo, como a ocorrência de incêndios florestais, devido à alta concentração de material combustível no local. Considerando-se apenas o aspecto da proteção contra o fogo, a remoção dos materiais finos e médios das áreas florestais seria a maneira mais eficiente para a prevenção de incêndios florestais. Contudo, a remoção total do material não é recomendável ecologicamente e tão pouco viável economicamente (SOARES, 2000). Não se pode negar, no entanto, o obstáculo na reforma de áreas para o cultivo ocasionado pelos resíduos e a sua possibilidade de transformação em energia (MAEDA; MEDRADO, 2017).

Há pouco tempo, a maior parte das atividades de exploração florestal tinha como objetivo principal a produção de madeira para celulose, chapas, lâminas e compensados, serraria, entre outros. Os resíduos florestais estão despertando um grande interesse pelas indústrias como fonte de energia (COUTO; BRITO, 1980; RUMMER; SEIXAS, 2007; MOREIRA, 2010; BRAND et al., 2014; FOELKEL, 2014; REZENDE; SANTIAGO, 2014).

O inventário de resíduos está se tornando cada vez mais importante com o crescimento da utilização desta matéria prima para energia. Segundo Sanquetta et al. (2014), o método de linha interceptadora consiste na contagem

dos materiais que interceptam a linha definida por esse transecto, bem como medir a circunferência desses materiais acima de determinada dimensão. A linha interceptadora possui um comprimento conhecido, onde a quantificação dos materiais é realizada conforme o objetivo do inventário. O método de linha interceptadora também foi descrito por Warren e Olsen (1964), Van Wagner (1968), Brown (1974), Ribeiro e Silva (1998), Caratti (2006), Cruz Filho e Silva (2009), Arruda e Cunha (2012), Cardoso et al. (2013), Oliveira (2013), Silva (2013), Guimarães (2015) e Fônseca (2017).

A técnica da linha interceptadora foi aplicada com sucesso por Warren e Olsen (1964) na medição do volume de resíduos pós-inflamável em plantações de *Pinus radiata* D. Don na Nova Zelândia. Esse método produziu estimativas de volume com boa precisão e a um custo menor do que poderia ser alcançado por amostragem de área convencional, mas exigiu um teste preliminar de polarização na orientação das peças.

Posteriormente, Van Wagner (1968) aperfeiçoou o método, que pode ser aplicado para estimar volume de madeira no solo em qualquer forma, sem exigir um teste preliminar para viés de orientação. De acordo com esse autor, a amostragem por linha interceptadora é mais bem entendida como uma amostra em faixa de largura infinitesimal. Para Van Wagner, quando se leva em consideração alguns aspectos como: *layout*, resultados precisos, intensidade amostral, relevo do sítio, distribuição e orientação dos resíduos, o método de linha interceptadora é prático e apresenta estimativas quantitativas confiáveis de resíduos de madeira.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar o método de amostragem de conglomerados em linhas interceptadoras para amostrar e quantificar os resíduos de *Pinus taeda* sobre o solo, em uma empresa localizada na região Oeste de Santa Catarina, após as operações de colheita florestal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Mensurar os diâmetros e os comprimentos dos galhos que interceptam as linhas dos conglomerados;
2. Estimar o volume e o número de peças de resíduos por hectare;
3. Avaliar a qualidade da colheita florestal por meio da quantificação dos resíduos remanescentes sob o solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INVENTÁRIO FLORESTAL

Segundo Péllico Netto e Brena (1997), o inventário florestal é realizado a fim de obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada. Para Sanquetta et al. (2014), a marca registrada do inventário florestal é a sua representatividade amostral e sua validade estatística.

Ao realizar o inventário florestal, busca-se atender os objetivos pré-definidos no planejamento da atividade. Para Sanquetta et al. (2014), os objetivos podem ser diversos e com as mais diferentes finalidades, como: elaboração de um plano de manejo florestal; avaliação do desenvolvimento da floresta em termos de sua dinâmica de crescimento, sua produtividade primária presente e futura; potencial do sítio de uma determinada região; avaliação dos danos causados por incêndios, pragas ou doenças; formulação de políticas de abastecimento e expansão industrial; análise e previsão da demanda e suprimento de produtos florestais; criação e unidades de conservação, entre outros.

De acordo com Morais et al. (2003), os principais motivos de realizar um processo de inventário são: determinar o potencial produtivo da floresta; mapear fatores bióticos e abióticos que influenciam na produção da floresta; determinar os custos de produção no caso de florestas plantadas; e definir estratégias de manejo para obter uma produção sustentada.

3.2 MÉTODO DE AMOSTRAGEM

Péllico Netto e Brena (1997) se referem ao termo “Método de Amostragem” como uma abordagem da população referente a uma única unidade de amostra, ou seja, a parcela ou outro tipo de unidade amostral a ser empregada no inventário. Essa abordagem pode ser analisada por meio de duas formas básicas, método de área fixa e de área variável. No método de área fixa, selecionam-se os indivíduos proporcionalmente à área da unidade de

amostra e, logo, à frequência de ocorrência de indivíduos nessa área.

3.2.1 Unidades de amostra em conglomerados

Segundo Sanquetta et al. (2014), as unidades de amostra em conglomerados são casos especiais de unidades amostrais de área fixa do tipo circular, quadrada ou retangular, onde as subunidades estão reunidas em um grupo. Prodan (1997) cita que os altos custos de acesso para realizar inventário em grandes áreas, geralmente levam à concentração da amostra de área. A concentração depende em parte das características estruturais da floresta e, em parte, da relação entre o custo de acesso a um ponto na área e o custo de medir cada unidade vizinha daquele ponto.

Sanquetta et al. (2014), também se refere aos custos de acesso e citam que, quando os custos de acesso à floresta são elevados em relação aos custos de medição e as dificuldades operacionais são grandes, então, o tamanho ótimo das unidades pode ser muito grande. Por razões estatísticas e operacionais, nessas situações é preferível implementar unidades (subunidades no caso) distribuídas em torno do ponto amostral (unidade primária), conforme uma geometria regular definida, no lugar de grandes parcelas. Péllico Netto e Brena (1997) denominam como Cruz-de-Malta o exemplo clássico dessa unidade amostral.

3.3 MÉTODO DE LINHA INTERCEPTADORA

Segundo Warren e Olsen (1964), uma fábrica de celulose e papel despertou interesse pelos resíduos que permanecessem após a exploração florestal. O Serviço Florestal da Nova Zelândia determinou que fosse necessário obter estimativas quantitativas com precisão, de forma rápida e pouca onerosa, dos resíduos da colheita florestal. Esses resíduos eram provenientes das operações de corte raso de *Pinus radiata* D. Don realizadas na Floresta Estadual Kaingaroa, Nova Zelândia.

Warren e Olsen (1964) citam que J. M. Mitchell foi quem realizou a primeira tentativa de obter estimativas do volume de resíduos por meio de

parcelas circulares de $\frac{1}{4}$ de hectare. A forma aplicada por Mitchell não apresentou um resultado satisfatório, pois ocorreu uma grande variação entre as parcelas e, com isso, mostrou-se a necessidade de alocar um grande número de parcelas para ter estimativas precisas.

O estudo por meio de métodos com parcelas convencionais não foi realizado por completo, mas o trabalho feito indicou que ao alterar o tamanho e a forma das parcelas não se alcançaria alguma vantagem, mas isso não cabe para as parcelas retangulares longas que parecem amostrar uma distribuição padronizada e mais adequada nesse tipo de levantamento e, se fossem estreitas, reduziria o tempo de amostragem (WARREN; OLSEN, 1964).

Segundo os mesmos autores, por meio da garantia de melhor retorno do esforço despendido com aplicação das parcelas retangulares longas, direcionou-se à seguinte linha de pensamento: considerando que as relações entre comprimento e largura fossem levadas ao extremo e se calculasse somente o volume das peças que foram interceptadas pela linha esticada em uma área, por exemplo, uma parcela de comprimento L e sem largura (ou largura infinitesimal), obviamente, esse volume poderia sustentar alguma relação com o volume total da área.

Na sequência, estudou-se a teoria e, após a verificação e pesquisas de campo, direcionou-se a adequação de uma técnica que, apesar de agrupar diversas suposições e aproximações, forneceria resultados satisfatórios, além de ser de fácil aplicação no campo. Dessa forma, originou-se o método de amostragem por linha interceptadora, recomendado e desenvolvido por Warren e Olsen na década de 1960.

A linha interceptadora na verdade é um plano vertical, onde coleta-se uma sequência de seções de áreas circulares transversais de partes da madeira interceptada. As áreas transversais na realidade são elipses de vários formatos (exceto quando as intersecções ocorrem justamente em ângulos retos em relação à linha interceptadora). Com isso, utiliza-se um fator de correção derivado da teoria da probabilidade, que faz com que todas as áreas possam ser somadas como círculos. A somatória dessas áreas de seções transversais é então dividida pelo comprimento da linha amostral.

Segundo Sanquetta et al. (2014), o aperfeiçoamento realizado por Van

Wagner (1968) segue os seguintes procedimentos:

- A unidade amostral é caracterizada por uma linha de comprimento conhecido L , que deverá ser locada sobre a área de interesse;
- O diâmetro das peças (resíduos ou materiais lenhosos) deverá ser tomado no ponto em que o material intercepta a linha;
- As peças que tiverem suas extremidades interceptadas pela linha só deverão ser contabilizadas caso o eixo central da peça tenha sido tocado;
- Qualquer peça cujo eixo seja paralelo à linha deverá ser ignorada; e
- Caso a linha intercepte uma peça curvada mais que uma vez, os diâmetros em cada interseção deverão ser tomados.

Para Van Wagner (1968), todas as orientações possíveis estão representadas do mesmo modo por toda a área e amostragem e sendo o número de ocorrência de interseções grande estatisticamente, não importando assim o ângulo de interseção real. Cada interseção consegue ser amostrada para ter um corte de seção de área esperado que seja a soma de todas as áreas de elípticas admissíveis e ponderadas por cada uma de suas probabilidades fracionárias, dependendo apenas do diâmetro da peça. O volume (V) por unidade de área pode ser estimado por meio da equação (1):

$$V = \frac{\pi^2 \sum_{i=1}^n d^2}{8 L} \quad (1)$$

Em que:

V = volume de resíduos por unidade de área ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$);

d = diâmetro da peça (resíduo) em centímetros (cm); e

L = comprimento total da linha amostral em metros (m).

Após alguns estudos relacionados ao método de linha interceptadora, Pickford e Hazard (1978) concluíram que, para obter uma boa precisão na aplicação no método, é necessária uma intensidade amostral considerável. Para Van Wagner (1968), peças (resíduos) com pontas afiladas que interceptam a linha não interferem no volume. De Vries (1973), ao aplicar a

metodologia para realizar inventário de resíduo florestal, também não constatou essa interferência dos resíduos com pontas afiladas sobre o volume.

Ringvall e Stahl (1999) aplicaram a amostragem de linha interceptadora em áreas antigas de coníferas no Norte da Suécia. Nesse estudo, avaliou-se os erros gerados na realização do inventário, ou seja, os erros da equipe de campo. Os autores concluíram que os erros sistemáticos não devem ser um grande problema na amostragem de linha interceptadora, mas que o dimensionamento das pesquisas deve considerar o componente de erro aleatório introduzido pela equipe de campo.

Cruz Filho e Silva (2009) aplicaram a metodologia na região Amazônica, a fim de quantificar o resíduo lenhoso em floresta explorada com técnicas de redução de impactos e não explorada. Nesse estudo, o material lenhoso foi classificado em relação ao estado de decomposição citado por Harmon et al. (1995). Os autores concluíram que o volume de resíduos lenhosos em floresta explorada é superior ao de floresta não explorada. A metodologia apresentou estimativas de volume confiáveis quando consideradas as classes de decomposição propostas.

Ribeiro et al. (2012) realizaram um estudo de caso em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, a fim de obter estimativas do volume de necromassa em pé e caída. A amostragem aplicada no estudo foi sistemática de dois estágios, onde utilizou-se o método de Strand para a necromassa em pé e o método de linha interceptadora (LIS - *Line Intercept Sampling*) para a biomassa caída. As variáveis mensuradas foram diâmetro, altura (necromassa em pé) e comprimento (necromassa caída).

No estudo de Ribeiro et al. (2012), a utilização dos dois métodos, Strand e LIS, foi eficiente e contribuiu para a mensuração das variáveis no campo, onde as estimativas do volume foram precisas e aceitáveis. Para os mesmos autores, a necromassa (biomassa de madeira morta em pé ou caída) é um elemento essencial para a estocagem de carbono na floresta, onde serve também como alimento e habitat para diferentes formas de vida nesse ecossistema. Por mais que apresente uma importância ecológica, existem poucos estudos abordando o processo de amostragem para necromassa em inventários florestais.

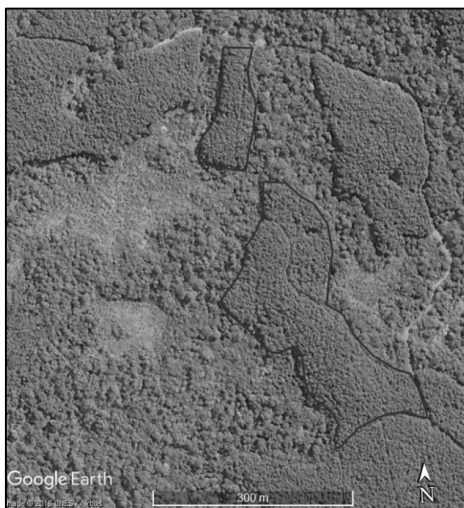
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em uma empresa localizada na região Oeste do estado de Santa Catarina. A empresa está entre as principais indústrias nacionais nos segmentos de celulose, papel e embalagens de papelão ondulado. Possui mais de 14 mil hectares de florestas plantadas em áreas próprias e mais de 13 mil hectares de florestas nativas preservadas. Os dados foram coletados em um povoamento de *Pinus taeda* L. (Figura 1A) com 5,43 ha e localizado no município de Irani, estado de Santa Catarina, entre as coordenadas 26° 59' 5,85" S e 51° 52' 27,34" O (Figura 1B). O terreno do povoamento em estudo possui em média 10 ° de declividade e o solo presente é o Cambissolo.

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DO POVOAMENTO DE *Pinus taeda* SOB ESTUDO E IMAGEM DA ÁREA PÓS-COLHEITA.

(A) LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DO POVOAMENTO DE *Pinus taeda*



(B) IMAGEM DA ÁREA PÓS-COLHEITA



FONTE: Google Earth (2018) e a autora (2018).

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Cfb (clima temperado com verão ameno), com médias anuais de temperatura e pluviosidade de 16 °C e 2.004 mm, respectivamente. O mês mais seco é Julho,

onde a precipitação média é de 133 mm. O mês de Outubro é considerado o de maior precipitação média, com 211 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

4.2 SISTEMA DE COLHEITA DA MADEIRA

O sistema de colheita da madeira utilizado na empresa é o de árvores inteiras (*full tree*), onde somente a derrubada da árvore é realizada no interior do talhão. O povoamento possuía 15 anos com espaçamento de 2,5 m x 2,5 m, diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 24,7 cm, altura de 18 m, volume médio individual (VMI) de 0,44 m³ e sem a realização de podas e desbastes.

No povoamento em estudo, a derrubada das árvores foi realizada pelo *Feller* direcional de esteira com cabeçote de disco (SATCO 420 - Felling Grapple) e posteriormente arrastada para a margem do talhão pelo *Skidder* (Caterpillar 525). Na margem do talhão, ocorreu o processamento (traçamento, desgalhamento e destopo) pelo cabeçote *Harvester* (Logmax 7000) (Figura 2).

FIGURA 2 – PROCESSAMENTO DAS ÁRVORES NA MARGEM DO TALHÃO.



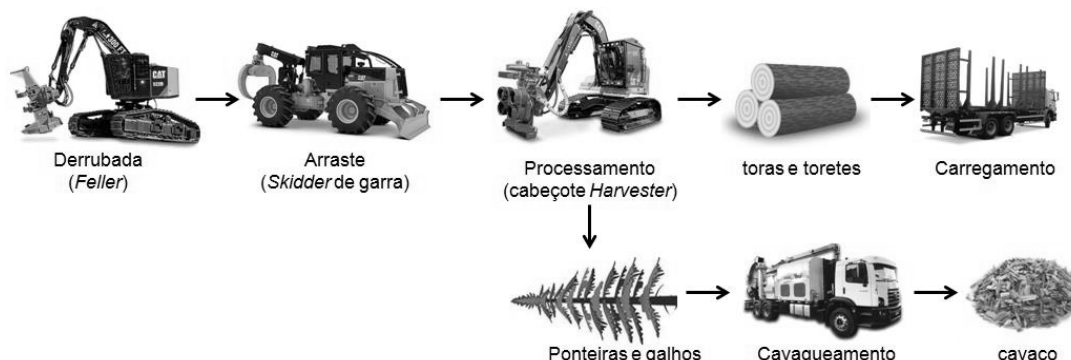
FONTE: A autora (2018).

Após o processamento das árvores, as toras (2,59 a 2,65 m de comprimento e acima de 28 cm de diâmetro) destinadas a compradores externos e toretas (2,00 a 2,60 m de comprimento e de 8 a 28 cm de diâmetro)

destinados à fábrica para a produção de celulose. As toras e toretes foram carregadas, permanecendo no campo apenas o remanescente das árvores (ponteiras e galhos).

As ponteiras e galhos do processamento permaneceram no campo por 117 dias para a redução da umidade e posterior cavaqueamento (transformação em cavaco) por meio de um Picador Florestal com grua (Chipper truck advanced 2) (Figura 3) realizado diretamente nas caçambas dos caminhões e na sequência destinados à energia. Essa atividade foi auxiliada por uma Pá Carregadeira com garras (komatsu wa200-6), que exerceu a função de levar até o picador as ponteiras e galhos presentes no local (talhão) e enleirar. No estudo, consideraram-se como resíduos remanescentes, as ponteiras, galhos e pedaços de árvores quebrados durante a operação de derrubada, geralmente encontrados no interior do talhão.

FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE COLHEITA DA MADEIRA DE ÁRVORES INTEIRAS E CAVAQUEAMENTO NO POVOAMENTO *Pinus taeda*.



FONTE: Elaborada pela autora (2018).

4.3 PROCESSO DE AMOSTRAGEM DE RESÍDUOS

O processo de amostragem foi desenvolvido para amostrar os resíduos remanescentes sobre o solo após a atividade de colheita da madeira e cavaqueamento. Para isso, utilizou-se o método de linha interceptadora (*Line Intercept Sampling*) em conglomerados compostos por quatro subunidades, formando uma unidade amostral em cruz-de-malta (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997) para que a amostragem dos resíduos fosse realizada em quatro direções e não favorecendo apenas uma direção. As linhas (subunidades) possuíam

15,71 m de comprimento e se distanciaram 5 m do centro do conglomerado, devido à variabilidade de resíduos esperada no local. Na Figura 4 observa-se a alocação da linha interceptando os resíduos. As subunidades foram alocadas de forma sistemática e sempre orientadas para a face Norte.

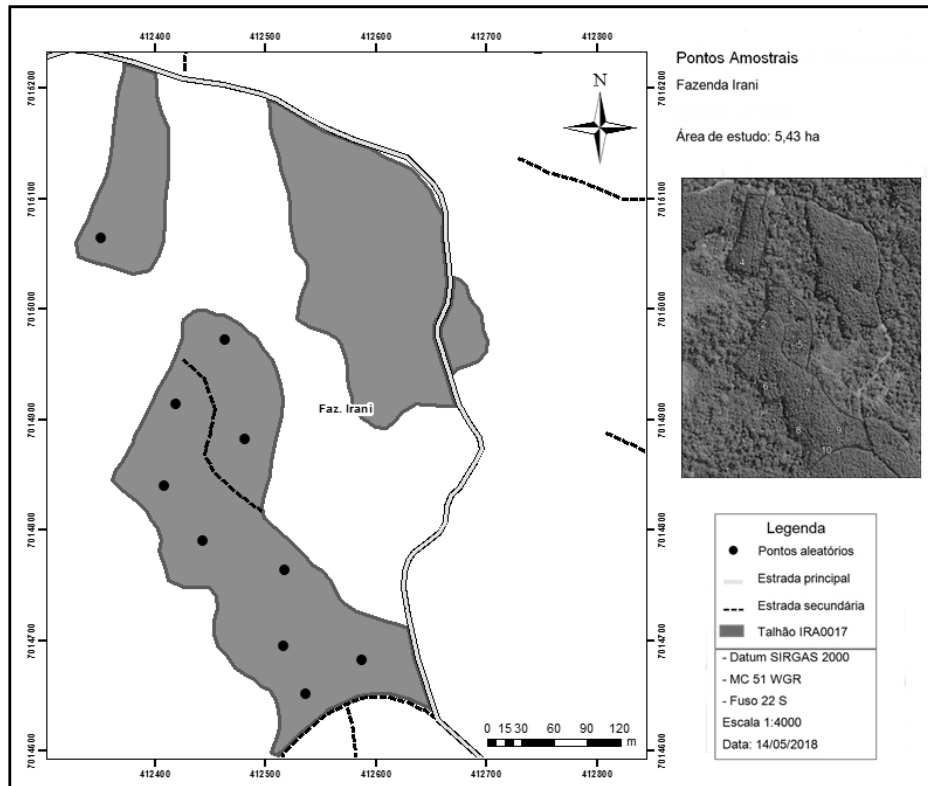
Foram alocados 10 pontos amostrais (centro dos conglomerados) de forma aleatória com o auxílio do *software* QGIS versão 2.18.18 para Sistemas de Informações Geográficas (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016) (Figura 5). Os pontos alocados de forma aleatória abrangeram todo o povoamento e não só a margem do talhão, que é o local onde se realizou o processamento e o cavaqueamento, pois a presença de resíduos era frequente dentro e na margem do povoamento.

FIGURA 4 – ALOCAÇÃO DAS SUBUNIDADES EM UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda*.



FONTE: A autora (2018).

FIGURA 5 – ALOCAÇÃO ALEATÓRIA DOS CONGLOMERADO NO POVOAMENTO DE *Pinus taeda*.



FONTE: A autora (2018).

Os pontos aleatórios gerados no QGIS foram localizados por meio de GPS (Sistema de Posicionamento Global) GARMIN GPSmap 60CSx, com a orientação (face Norte) efetuada com o auxílio de uma bússola Suunto KB-20/360R. Foram mensurados os diâmetros do centro e das extremidades e o comprimento de todos os resíduos que interceptaram as linhas (subunidades) de 15,71 m. A mensuração dos diâmetros foi realizada com um paquímetro digital DIGIMESS 150 mm e o comprimento com uma fita métrica.

O volume por unidade de área (2) foi estimado por meio da equação proposta por Van Wagner (1968), ao passo que o número de indivíduos por hectare (3) foi obtido pela fórmula proposta por Van Wagner (1968) modificada por Ribeiro et al (2012):

$$V = \frac{\pi^2 \sum_{i=1}^n d^2}{8L} \quad (2)$$

Em que:

V = volume de resíduos por unidade de área ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$);
 d = diâmetro da peça (resíduo) em centímetros (cm); e
 L = comprimento total da linha amostral (m).

$$N = \frac{\pi 5.000}{L} \sum_{i=1}^m \frac{1}{l_i} \quad (3)$$

Em que:

N = número de peças por hectare;
 L = comprimento da linha amostral (15,71 m);
 m = número de galhos que cruzam a linha; e
 l = comprimento da peça que cruza a linha (m).

O número de intervalos de classes para os histogramas de frequência das variáveis volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e número de peças ($\text{n}^\circ \text{ha}^{-1}$) foi calculado por meio da fórmula de Sturges (4).

$$k = 1 + 3,322 (\log_{10} n) \quad (4)$$

Em que:

k = número de intervalos de classes; e
 n = número de observações.

Para o cálculo do número ideal de conglomerados (n), utilizou-se a fórmula (5).

$$n = \frac{t^2 s_x^2}{E^2 M} [1 + r (M - 1)] \quad (5)$$

Em que:

n = número de conglomerados amostrados;
 t = valor da distribuição t de *Student* para o nível de confiança de 95%;
 s_x^2 = variância total;
 E = erro admissível de 20% da média;

M = número de subunidades do conglomerado; e
 r = coeficiente de correlação entre conglomerados.

Também se obteve o coeficiente de correlação intraconglomerados, erros de amostragem absoluto e relativo e intervalo de confiança para a média. O coeficiente de correlação intraconglomerados foi calculado por meio da fórmula (6):

$$r = \frac{s_e^2}{s_e^2 + s_d^2} \quad (6)$$

Em que:

r = coeficiente de correlação intraconglomerados;

s_e^2 = variância entre conglomerados; e

s_d^2 = variância dentro dos conglomerados;

Segundo Sanquetta et al. (2014), o coeficiente de correlação intraconglomerados avalia o grau de homogeneidade da variável de interesse na floresta, sendo que essa estimativa pode assumir valores entre $0 \leq r \leq 1$. Se o valor de r for igual a zero, significa que não existe variância entre os conglomerados ($s_e^2 = 0$) e quando for igual a 1, a variância dentro dos conglomerados é nula ($s_d^2 = 0$). Portanto, quanto menor for o valor de r , mais homogênea será a variável de interesse. Na prática, admite-se um limite para o valor dessa estimativa, sendo que $r = 0$ se enquadra para variáveis completamente homogêneas e $r = 0,4$ para razoavelmente homogêneas.

Realizou-se uma análise de variância para verificar a existência de diferença significativa entre conglomerados e dentro dos conglomerados, avaliando pelo teste F ao nível de 5% de significância, por meio da fórmula (7):

$$F = \frac{QM_{entre}}{QM_{dentro}} \quad (7)$$

Em que:

F = valor de F calculado ao nível de 5% de significância;

QM_{entre} = quadrado médio entre conglomerados; e

QM_{dentro} = quadrado médio dentro dos conglomerados.

A diferença significativa foi verificada a partir de duas hipóteses, que: quando F calculado $\leq F$ tabelado, rejeita-se a hipótese nula (H_0) e aceita-se a hipótese alternativa (H_1); e quando F calculado $> F$ tabelado, não se rejeita a hipótese nula (H_0).

- H_0 = não existe diferença significativa; e
- H_1 = existe diferença significativa.

De acordo com Sanquetta et al. (2014), o erro de amostragem é o erro que se comete por não medir toda a população, ou seja, pelo emprego da amostragem. O erro de amostragem pode ser absoluto (8) ou relativo (9), onde o absoluto é uma diferença na unidade da média, enquanto o relativo expressa a diferença em termos percentuais da média.

$$E_a = \pm t \cdot S_{\bar{x}} \quad (8)$$

$$E_r = \pm \frac{t \cdot S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (9)$$

Em que:

E_a = erro de amostragem absoluto;

E_r = erro de amostragem relativo;

t = valor da distribuição t de *Student* para o nível de confiança de 95%;

$S_{\bar{x}}$ = erro padrão da estimativa; e

\bar{x} = média amostral.

O intervalo de confiança para a média (10) determina os limites inferior e superior dentro do qual se espera encontrar, probabilisticamente, o valor real da variável de interesse em termos de sua média (SANQUETTA et al., 2014).

O intervalo de confiança foi obtido pela seguinte equação ao nível de confiança de 95%:

$$IC [\bar{x} - (t \cdot S_{\bar{x}}) \leq \bar{X} \leq \bar{x} + (t \cdot S_{\bar{x}})] = P \quad (10)$$

Em que:

IC = intervalo de confiança;

t = valor da distribuição t de *Student* para o nível de confiança de 95%.

$S_{\bar{x}}$ = erro padrão da estimativa;

\bar{x} = média amostral; e

\bar{X} = média paramétrica.

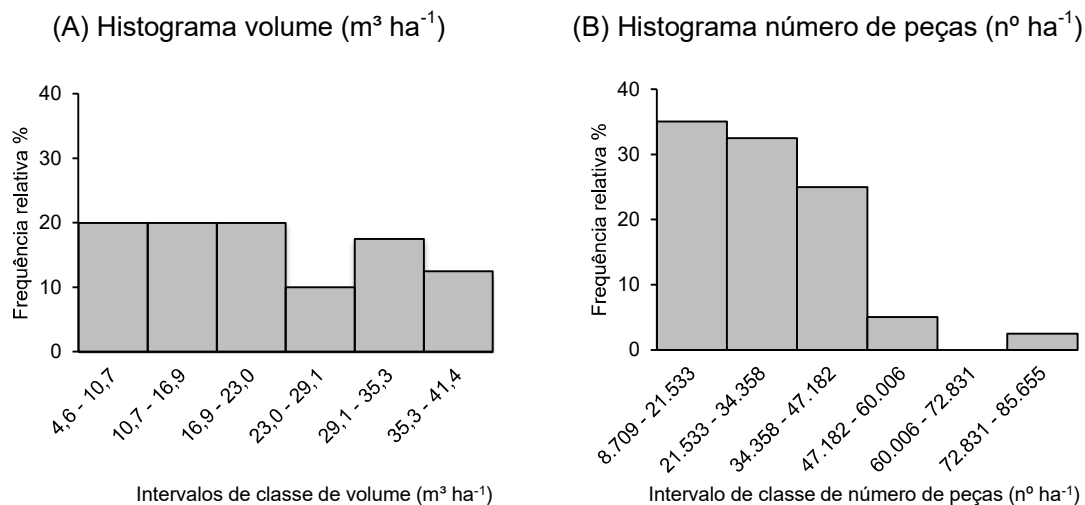
4.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLHEITA DE MADEIRA

Com o objetivo de avaliar a qualidade da colheita da madeira de árvores inteiras e cavaqueamento em relação à quantidade de resíduos remanescentes, avaliou-se a distribuição diamétrica das peças amostradas. A partir do diagrama de Pareto, analisou-se as frequências absoluta e relativa acumulada (%) das peças com diâmetro da ponta fina igual ou superior a 4 cm. O intervalo de classe diamétrica foi definido a partir de um valor fixo de 2 cm. O volume das peças foi estimado por meio da equação (2) proposta por Van Wagner (1968).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os histogramas de frequência do volume por hectare dos conglomerados e do número de peças (resíduos) podem ser observados na Figura 6. O histograma para volume apresentou tendência de comportamento uniforme, com frequências semelhantes entre classes (Figura 6A), ao passo que o histograma do número de peças apresentou comportamento decrescente (Figura 6B).

FIGURA 6 – HISTOGRAMAS DE FREQUÊNCIA DAS VARIÁVEIS VOLUME DE RESÍDUOS E NÚMERO DE PEÇAS POR HECTARE EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda*.



FONTE: A autora (2018).

As classes com maiores frequências de volume foram as três primeiras (4,6 a 10,7; 10,7 a 16,9 e 16,9 a 23,0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), as quais apresentaram frequência de 20% cada, enquanto para o número de peças, a classe de 8.709 a 21.533 $\text{n}^\circ \text{ha}^{-1}$ apresentou frequência de 35%. As classes de 23,0 a 29,1 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e de 60.006 a 72.831 $\text{n}^\circ \text{ha}^{-1}$ proporcionaram as menores frequências de volume e de número de peças, com 10% e 0% de ocorrência, respectivamente. O valor mínimo de volume estimado foi de 4,61 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e o máximo de 41,38 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, com média de 21,08 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e coeficiente de variação (cv%) de 52,40%, enquanto para o número de peças, o valor mínimo foi de 8.709 $\text{n}^\circ \text{ha}^{-1}$ e o máximo de 85.655 $\text{n}^\circ \text{ha}^{-1}$, com média de 29.516 $\text{n}^\circ \text{ha}^{-1}$ e cv% de 51,18%.

Guby e Dobbertin (1996), ao quantificarem os resíduos lenhosos grossos > 5 cm de diâmetro em florestas Suíças, estimaram 13,4 m³ ha⁻¹ de resíduos em florestas não manejadas e 8,9 m³ ha⁻¹ em manejadas. Woldendorp et al. (2002) verificaram em três locais com predomínio de eucaliptos e outros gêneros na Austrália volume médio de 26,2 m³ ha⁻¹. Thauvin et al. (2010), nas florestas de eucalipto, encontraram volumes de 7 a 1.119 m³ ha⁻¹ em florestas em regeneração e de 17 a 1.296 m³ ha⁻¹ em florestas maduras.

Serpe et al. (2018), em um trabalho realizado para determinar as perdas em volume relacionadas à colheita da madeira em um plantio misto de *Pinus elliottii* Engelm e *Pinus taeda* L., encontraram volume de 17,37 m³ ha⁻¹ em resíduos com diâmetro abaixo 8 cm. Os autores consideram esse volume como perdas referentes ao processo. Bauer (2001) se deparou com 16,167 m³ ha⁻¹ de resíduo da exploração florestal de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.

Thauvin et al. (2010), ao aplicarem a metodologia de linha interceptora para amostrar resíduos lenhosos grossos (≥ 30 cm de diâmetro) em duas florestas de eucalipto na Tasmânia, obtiveram 468 peças amostradas em uma floresta em regeneração e 491 em floresta madura. Ribeiro et al. (2012), ao realizarem um inventário de necromassa (biomassa de madeira morta em pé ou caída) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, obtiveram 4.356 galhos por hectare.

A quantificação do volume e do número de peças de resíduos florestais apresentou diferentes resultados nos trabalhos citados, pois em cada situação a forma de avaliação seguiu um procedimento distinto. Neles, nota-se algumas particularidades em relação a amostragem dos resíduos, uma delas é a definição de um diâmetro mínimo, em que, no presente estudo, todos os resíduos que interceptaram a linha foram amostrados, sem determinação de diâmetro mínimo. Também deve-se considerar a aplicação da metodologia em diferentes tipos de florestas. As variáveis estimadas no povoamento de pinus divergiram dos valores citados quanto ao número de peças. As estatísticas do inventário se encontram na Tabela 1, onde os erros (absoluto e relativo) foram obtidos com 95% de probabilidade.

TABELA 1 – ESTATÍSTICAS DO INVENTÁRIO DE RESÍDUOS EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda*.

Variável	\bar{x}	s_x^2	r	F	n ideal	$s_{\bar{x}}$	E_a	E_r
V (m ³ ha ⁻¹)	21,08	5,0	0,20	2,011	14	2,23	5,04	23,93%
N (nº ha ⁻¹)	29.516	13.993.575	0,43	4,346*	18	3.741	8.462	28,67%

Em que: V = volume, N = número de peças, \bar{x} = média aritmética, s_x^2 = variância amostral, r = coeficiente de correlação, $s_{\bar{x}}$ = erro padrão, E_a = erro absoluto, E_r = erro relativo, e * = significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F (F tabelado igual a 2,211).

FONTE: A autora (2018).

O coeficiente de correlação intraconglomerados (r) da variável volume foi inferior a 0,4, indicando, com isso, que os volumes são homogêneos (SANQUETTA et al., 2014). A variável número de peças se enquadra para florestas razoavelmente homogêneas ($r = 4$). Woldendorp et al. (2004) declararam que o volume de resíduos presentes nas florestas é altamente variável e, para que sejam obtidas estimativas precisas, necessita-se de uma intensidade amostral relativamente alta. Os mesmos autores asseguram que o comprimento da linha interceptadora é a variável que mais afeta a precisão da estimativa.

Para Brown (1974), erros de 20% são aceitáveis para amostragem de resíduos florestais. No presente estudo, o volume e o número de peças apresentaram erro de amostragem relativo (E_r) de 23,93 e 28,67%, respectivamente (Tabela 1). Para que atendesse o erro admissível de 20% citado por Brown (1974), o n ideal seria de 14 unidades amostrais para volume e de 18 para número de peças. O valor de F calculado para o volume apresentou valor menor que o tabelado, porém estando no limite da rejeição da hipótese nula (H_0) de que há diferença significativa entre os conglomerados. Para o número de peças, o valor de F calculado foi maior que o tabelado e, com isso, não se rejeitou a hipótese nula (H_0), onde não há diferença significativa entre os conglomerados.

Os intervalos de confiança (IC) para as médias do volume (m³ ha⁻¹) e do número de peças (nº ha⁻¹) foram respectivamente:

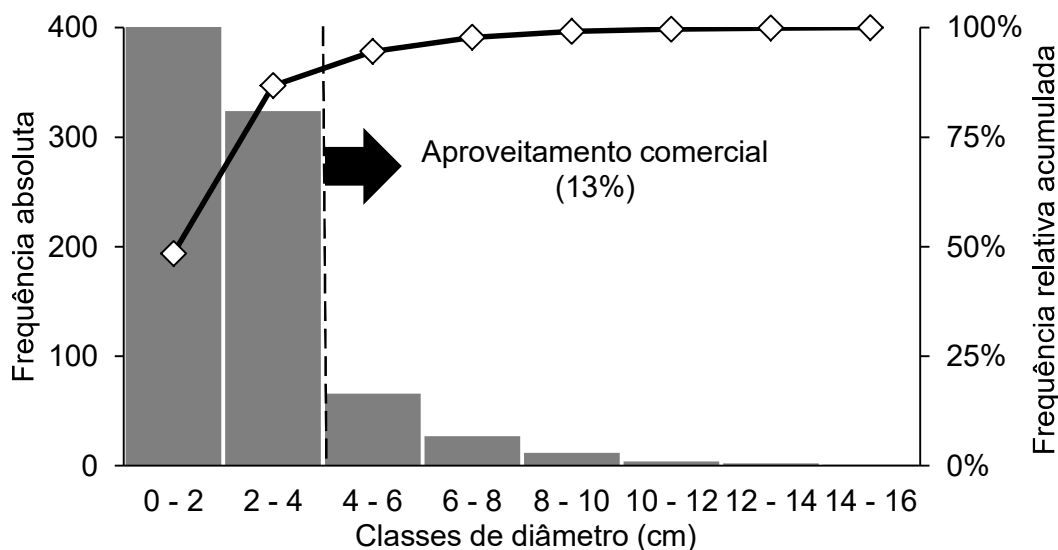
$$IC [16,03 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \leq \bar{X} \leq 26,12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}] = 95\%$$

$$IC [21.054 \text{ n}^\circ \text{ ha}^{-1} \leq \bar{X} \leq 37.978 \text{ n}^\circ \text{ ha}^{-1}] = 95\%$$

5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLHEITA DA MADEIRA E CAVAQUEAMENTO

A partir do diagrama de Pareto, verificou-se que a distribuição diamétrica apresentou comportamento decrescente (Figura 7), com 48% de frequência na classe de 0 a 2 cm e 38% na classe de 2 a 4 cm, correspondendo a 87% da frequência acumulada de peças com dimensões não comercialmente aproveitáveis.

FIGURA 7 – DIAGRAMA DE PARETO DAS FREQUÊNCIAS ABSOLUTA E RELATIVA ACUMULADA DE RESÍDUOS EM CLASSES DE DIÂMETRO EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda*.



FONTE: A autora (2018).

Os resíduos florestais, como galhos, cascas e folhas, permanecem no local após a colheita das florestas, os quais possuem 70% dos nutrientes presentes nas árvores e acabam se incorporando no solo como matéria orgânica (MAEDA; MEDRADO, 2017). A permanência dos resíduos no solo apresenta efeitos positivos na manutenção da fertilidade do solo (TIESSEN et al., 1994), na proteção contra erosões, na redução dos extremos térmicos (GONÇALVES et al., 1997) e na diminuição das perdas de água geradas pela

evaporação (MATTHEWS, 2005) e pelo escoamento superficial (GONÇALVES et al., 2002; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008), tornando capaz a mineralização de nutrientes (NZILA et al., 2002; O'CONNELL et al., 2004; GONÇALVES et al., 2008; SANKARAN et al., 2008; FERNÁNDEZ et al., 2009) e acaba causando um impacto nas atividades silviculturais devido o obstáculo ocasionado pelos resíduos em áreas de reforma (MAEDA; MEDRADO, 2017).

A atividade de cavaqueamento é desempenhada na margem do talhão, dessa forma, resíduos que se encontravam no interior do povoamento como galhos, ponteiros e pedaços de árvores permaneceram no interior pois o arraste dos mesmos não foi realizado pelo *Skidder*.

Além disso, apenas 13% das peças mensuradas nos conglomerados em linhas interceptadoras apresentaram diâmetros da ponta fina iguais ou superiores ao limite de 4 cm. Com isso, apesar dos erros de amostragem superiores a 20% obtidos neste trabalho (Tabela 1), a probabilidade de peças nessas dimensões é baixa na área de estudo, indicando que houve razoabilidade da informação obtida pelo inventário de resíduos.

Ferreira et al. (1995), ao quantificarem o volume de madeira de *Pinus taeda* perdido na colheita da madeira, encontraram que 62,9% dos resíduos foram de toretes com diâmetro entre 10 e 14 cm com aproveitamento para celulose, o que resultou na perda de $6,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. No presente estudo, as peças com diâmetro da ponta fina igual ou superior a 4 cm representaram $10,92 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, indicando que as operações de colheita da madeira e cavaqueamento acarretaram em pouco desperdício de madeira comercialmente aproveitável.

6 CONCLUSÕES

A aplicação do método de linha interceptadora em conglomerados de cruz-de-malta é indicada para amostrar os resíduos remanescentes da colheita da madeira e cavaqueamento, uma vez que as médias de volume e número de peças por hectare apresentam valores satisfatórios quando comparados com estudos semelhantes da literatura.

A maior parte do volume quantificado de material residual não apresenta dimensões com interesse de aproveitamento comercial. Uma pequena porcentagem das peças mensuradas apresenta dimensões com interesse comercial, indicando, dessa forma, um bom desempenho da operação de colheita da madeira e cavaqueamento.

7 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a aplicação dos conglomerados em linhas interceptadoras, com a mensuração de diâmetros e comprimentos apenas das peças que apresentam diâmetros da ponta final igual ou superior ao limite de 4 cm para aproveitamento comercial, para que seja possível obter o volume comercial efetivamente perdido na operação. Os resíduos que apresentam diâmetro inferior a 4 cm devem permanecer no local, visando a conservação do solo e a renovação de sua fertilidade.

Para trabalhos futuros, recomenda-se que a unidade amostral em cruz-de-malta seja facilmente reconfigurada conforme as necessidades e condições do local a ser estudado. A linha interceptadora poderá apresentar comprimento distinto ao do trabalho em questão, bem como a distância do centro do conglomerado. Ressaltando que essas modificações na metodologia sejam realizadas com o propósito de minimizar a variância dentro dos conglomerados, para que a cada unidade amostral seja espacialmente mais homogênea, resultando em redução da variância total e, conseqüentemente, dos erros de amostragem.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, E. C.; CUNHA, C. N. Características de clareiras e seus efeitos sobre riqueza de espécies em florestas monodominantes de *Vochysia diverges*. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 4 p. 832-845, 2012.

BAUER, S. R. T. **Resíduos da exploração florestal de *Eucalyptus grandis* HILL ex Maiden para geração de energia elétrica**. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BRAND, M. A.; SCHMIDT, T. F. C.; FERREIRA, C. J.; NEVES, M. D. Produção de biomassa para geração de energia em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 353–360, 2014.

BROWN, J. K. **Handbook for inventorying downed woody material**. Ogden, Utah: USDA Forest Service, 1974, 24 p.

CARATTI, J. F. **Line intercept sampling method**. USDA Forest Service, 2006.

CARDOSO, D. J.; VIBRANS, A. C.; REZENDE, A. V.; PAREYN, F. C.; FREITAS, J. V.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. Determinação do comprimento ótimo de transectos para estimativa de necromassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 317-325, 2013.

CLIMATE DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais: Irani**. 2018.

COUTO, H. T. Z.; BRITO, J. O. Inventários de resíduos florestais. **Série Técnica IPEF**, v.1, n. 2, p.1–13, 1980.

CRUZ FILHO, D.; SILVA, J. N. M. Avaliação da quantidade de resíduos lenhosos em floresta não explorada e explorada com técnicas de redução de impactos, utilizando amostragem por linha interceptadora, no Médio Mojú, Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 527-532, 2009.

DE VRIES, P. G. Multistage line intersect sampling. **Forest Science**, v. 20, n. 2, p. 129-133, 1974.

FERREIRA, O. O.; ALVES, M. K. L.; SANTOS, N. F. Avaliação das perdas de colheita de madeira em floresta comercial / industrial. **Ciência Florestal**, v. 5, n. 1, p. 129-137, 1995.

FOELKEL, C. Resíduos sólidos industriais do processo de fabricação de celulose e papel de eucalipto. **Eucalyptus Online Book**, p. 100, 2014.

FONSÊCA, N. C. **Estimativa de biomassa e necromassa lenhosa acima do solo em floresta tropical úmida**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; SERRANO, M. I. P.; MELLO, S. L. M.; MENDES, K. C. F. S.; JORGE, L. A. C. **Efeito de práticas de cultivo mínimo e intensivo do solo sobre a ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, configuração do sistema radicular e nutrição mineral de povoamentos de *Eucalyptus grandis***. Piracicaba: FAPESP, 1997, 94 p.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 131-204.

GONÇALVES, J. L. M.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L.; SERRANO, M. I. P. Soil fertility and growth of *Eucalyptus grandis* in Brazil under deferent residue management practices. In: NAMBIAR, E. K. S, ed. Site management and productivity in tropical plantation forests: proceedings of workshops. In: Bogor: CIFOR, 2008, p. 51-62.

GUBY, N. A. B.; DOBBERTIN, M. Quantitative Estimates of coarse woody debris and standing dead trees in selected swiss forests. **Global Ecology and Biogeography Letters**, v. 5, n. 6, p. 327-341, 1996.

GUIMARÃES, R. E. **Inventário de necromassa em remanescentes florestais no estado do rio de janeiro**. 2015. 27 f. Monografia (Especialização) - Curso de MBA em Gestão Florestal, Economia Rural e Extensão, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

HARMON, M. E.; WHIGHAM, D. F.; SEXTON J. Decomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forest of the Northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. **Biotropica**, 1995, p 305-316.

IBDF. PORTARIA Nº 302, DE 03 DE JUNHO DE 1984. IBAMA, Biblioteca Digital de Meio Ambiente, Brasília, DF, 1984.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Série Técnica IPEF**, v. 23, n. 44, p. 46, 2015.

MAEDA, S.; MEDRADO, M. J. S. **Plantações Florestais comerciais e o solo**. Embrapa, 2017.

MATTHEWS, S. The water vapour condutance of *Eucalyptus* litter layers. **Agricultural and Forest Metheorology**, v. 135, n. 1/4, p. 73-81, 2005.

MORAIS, A. D. F.; BRAVO, C. V.; ROQUE, R. A. M.; ANDRADE, W. F. **Utilização de métodos estatísticos em inventário florestal**. ESALQ-USP.

Piracicaba, 2003.

MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Brazilian Journal of Forest Research**, v. 31, n. 68, p. 363-372, 2011.

NZILA, J. D.; BOILLET, J. P.; LACLAU, J. C.; RANGER, J. The effect of slash management on nutrient cycling and tree growth in *Eucalyptus* plantation in the Congo. **Forest Ecology and Management**, v. 171, n. 1/2, p. 209-221, 2002..

O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S.; MENDHAM, D. S.; RANCE, S. J. Impact of harvest residue management on soil nitrogen dynamics in *Eucalyptus globules* plantations in would western Australia. **Soil, Biology and Biochemistry**, v. 36, p. 39-48, 2004.

OLIVEIRA, K. A. **Necromassa lenhosa e carbono em florestas no centro-sul sudeste e centro ocidental paranaense**. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-Graduação, Universidade Federal do Paraná, 2017.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997. 316 p.

PICKFORD, S. G.; HAZARD, J. W. Simulation studies on line intersect sampling of forest residue. **Forest Science**, v. 24, p. 469-493, 1978.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura forestal**. Deutsch Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997. 561 p.

RIBEIRO, A.; NETTO, S. P.; STALL, D.; LEÃO, R. A.; NASCIMENTO, F. A. F. Proposta metodológica para realização de um inventário florestal de necromassa: um estudo de caso. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 121-127, 2012.

RINGVALL, A.; STAHL, G. Field aspects of line intersect sampling for assesing coarse woody debris. **Forest Ecology and Management** v. 119, p. 163-170, 1999.

RUMMER, R.; SEIXAS, F. Colheita de resíduos florestais para bioenergia nos EUA. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**. Uberlândia: SIF, 2007. p. 19-40.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CORTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 2. ed. Curitiba: Multigraphics, 2014. 307 p.

SANKARAN, K. V.; MENDHAM, D. S.; CHACKO, K. C.; PANDALAI, R. C.; PILLAI, P. K. C.; GROVE, T. S.; O'CONNELL, A. M. Impact of soil management

practices on growth of eucalypt plantations in the Monsoonal Tropics in Kerala, India. In: NAMBIAR, E. K. S, ed. **Site management and productivity in tropical plantation forests**: proceedings of workshops. In: Bogor: CIFOR, 2008, p. 23-38.

SANTIAGO, F. L. S.; REZENDE, M. A. Aproveitamento de resíduo florestais de *Eucalyptus spp.* na indústria de fabricação de celulose para geração de energia térmica e elétrica. **Revista Energia na Agricultura**, v. 29, n. 4, p. 241–253, 2014

SERPE, L. E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. A. Perdas volumétricas relativas à colheita florestal e seus reflexos econômicos. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 1 p.172-176, 2018.

SILVA, A. R. **Volumetria de resíduos da operação de corte em floresta manejada**. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) - Curso de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Floresta**, v. 30, p. 11-21, 2000.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, v. 371, n. 6500, p. 783-785, 1994.

THAUVIN, G.; LIBIS, E.; GROVE, S.; WARDLAW, T. Comparison of coarse woody debris volumes between mature and silviculturally regenerated eucalypt forest along a disturbance gradient. Hobart: Forestry Tasmania, 2010. Technical Report, v.15.

VAN WAGNER, C. E. The line intersect method in forest fuel sampling. **Bethesda: Forest Science**, v. 12, n. 1, p. 20-26, 1968.

WARREN, W. G.; OLSEN, P. F. A line intersect technique for assessing logging waste. **Bethesda: Forest Science**, v. 11, p. 267-276, 1964.

WOLDENDORP, G.; KEENAN, R. J.; BARRY, S.; SPENCER, R. D. Analysis of sampling methods for coarse woody debris. **Forest Ecology and Management**, v.198, n.1-3, p.133-148, 2004.

WOLDENDORP, G.; SPENCER, R. D.; KEENAN, R. J.; BARRY, S. **An analysis of sampling methods for coarse woody debris in Australian forest ecosystems**. Canberra: BRS – Bureau of Rural Science, 2002. 94 p. Report for the National Greenhouse Strategy, Module 6.6.