



DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE DREGS E LAMA CAL NA PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORIUNDO DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE: IMPACTOS FLORESTAIS NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA FLORESTA DE EUCALIPTO

RICARDO DA SILVA MANCA; GABRIEL GONÇALVES BORGES

RESUMO

A alta fabricação da polpa celulósica no Brasil, quando em processo Kraft, traz consigo o consumo de produtos químicos na deslignificação da celulose, e consequentemente uma grande produção de resíduos advindos desse projeto. Assim surge-se a necessidade de identificar destinos economicamente viáveis e sustentavelmente corretos para esses resíduos, onde a compostagem tem se mostrado extremamente eficiente. O projeto tem como objetivo primário mostrar todo um processo de compostagem de resíduos advindos do processo de produção de papel e celulose, e também busca como objetivo secundário realizar a aplicação desse composto em florestas de eucaliptos, com diferentes dosagens de *dregs* + lama-cal, a fim de entender os impactos que o mesmo pode causar nas características químicas do solo e produtividade da floresta. Com isso, foi possível observar variações significativas não só na produtividade da floresta como nas características químicas do solo nos tratamentos do experimento, e assim foi possível gerar uma recomendação final para aplicação de compostos advindos da produção fabril de papel e celulose em florestas de eucaliptos.

Palavras-chave: Resíduos celulósicos; compostagem; aproveitamento de resíduos; adubação natural; sustentabilidade

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos gerados pelas indústrias trazem preocupações e interesses ambientais, e quando não são submetidos a tratamentos e destinações corretas, provocam danos ambientais severos. A compostagem é um processo interessante para o tratamento de resíduos, permitindo que os nutrientes retornem ao solo na forma mineral e orgânica, trazendo benefícios químicos, físicos e biológicos ao solo (BIDONE, 2001).

O Brasil possui experiência na produção e utilização de resíduos na compostagem, no entanto, os aterros sanitários constituem o principal destino dos resíduos orgânicos, urbanos e industriais. No país, a compostagem é uma alternativa que apresenta benefícios socioambientais, e contribui para gestão de resíduos sólidos. Porém, a quantidade de resíduos compostados é baixa, concentrando-se, principalmente, na região sul e sudeste do país e representando cerca de 5% da geração nacional.

Nas indústrias do ramo de papel e celulose, em processos que envolvem o uso de madeira, os resíduos gerados possuem elevadas porcentagens de matéria orgânica, como é o caso dos *dregs*, *grits*, casca, lodo ativado e lama cal. O manejo e a disposição incorreta dos mesmos podem gerar impactos negativos no ecossistema, favorecendo a proliferação de vetores transmissores de doenças, assim como tornar necessários investimentos elevados para remediação de eventuais problemas inerentes à gestão inadequada dos resíduos (SOARES,

2018).

A compostagem ocorre a partir de um processo biológico exotérmico realizado por bactérias (com maior ênfase os actinomicetos) e fungos que convertem o material orgânico dos resíduos em formas mais estáveis como o húmus (PEREIRA NETO, 2020; FERNANDES, 2012). O produto gerado se assemelha a um adubo orgânico com disponibilidade de minerais benéficos ao crescimento das plantas. O uso da compostagem na cadeia de produção do papel demonstra ser uma alternativa viável do ponto de vista econômico, social e ambiental, pois o envio dos resíduos gerados no processo produtivo para aterros é um processo custoso, gerador de passivos ambientais e contribuinte na diminuição da vida útil dos aterros (PEIXOTO, 2020). Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar a produtividade e as características químicas do solo na floresta de eucalipto, quando aplicado o composto gerado a partir dos resíduos *dregs* e lama cal da indústria de papel e celulose.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma empresa do ramo de papel e celulose, localizada no município de Mogi-Guaçu, São Paulo, Mesorregião de Campinas e Microrregião de Mogi Mirim, norte da capital do Estado de São Paulo, distando desta cerca de 195 km.

Para iniciar o projeto foi necessário estabelecer os resíduos e suas respectivas quantidades utilizadas, o que foi possível seguindo procedimentos e análises internas da empresa, as quais levam em consideração o tipo do resíduo, sua geração e caracterização química. Com isso foram estabelecidas as receitas apresentadas na Tabela 1 e a Tabela 2 mostra as variações na quantidade de *dregs* + lama cal.

Tabela 1 - Receitas usadas para construção das leiras do experimento

Material	Proporção no Composto (%)
Casca	13,9
SMI	4,3
Grits	0,6
Lodo	43,1
Dregs + Lama cal	VARIAÇÕES DO EXPERIMENTO
Cinzas	9,2
Rejeitos	1,9

Fonte: Próprio Autor (2021)

Tabela 2 – Variações de *dregs* + lama-cal usadas na formação das leiras e seus respectivos tratamentos

Parcelas	Dregs + Lama-cal (%)	Qtd. de composto (t/ha)
1	0	0
2	10	30
3	15	30
4	20	30
5	25	30
6	30	30

Fonte: Próprio Autor (2021)

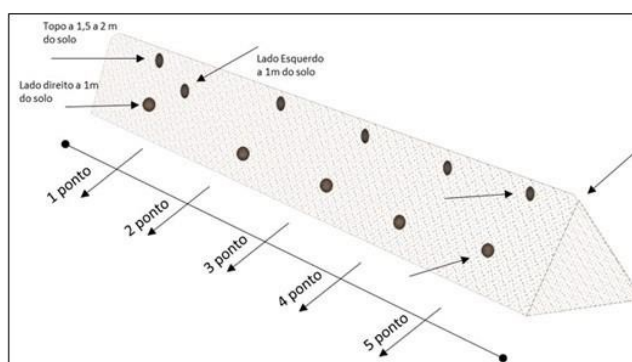
Todas as leiras criadas seguiram a receita descrita nas Tabela 1 e Tabela 2, variando somente o percentual de *dregs* + lama cal, onde aplicaram-se a mesma metodologia nas suas etapas de formação, manutenção, transporte e aplicação em campo.

Após o prazo de 70 dias, foram coletadas amostras nas leiras, no sentido de validar sua

estabilização e quantificar todos os parâmetros químicos decorridos no processo de compostagem (Figura 1). Tais amostras seguiram metodologia específica para de coleta, a qual foi definida internamente na empresa, conforme segue:

Etapa 1: Coletar a cada 20 metros, amostras a 15 cm de profundidade e uma a 60 cm de profundidade utilizando trado. As coletas devem ser realizadas no lado esquerdo, direito e superior da leira, totalizando 6 amostras a cada 20 metros. Deve-se excluir da coleta as extremidades da leira, que contêm resíduos e terra do pátio, devido processo de montagem da própria leira (Figura 1);

Figura 1 – Metodologia para coleta de amostras das leiras de composto. Fonte: Próprio Autor (2021)



Etapa 2: As amostras devem ser colocadas no mesmo recipiente para se obter a amostra composta;

Etapa 3: Misturar a amostras composta e depositar o produto coletado em uma superfície lisa e limpa, dividindo-o em quatro partes iguais, segundo ângulos retos;

Etapa 4: Escolher duas partes de ângulos opostos e desprezar as outras duas;

Etapa 5: Juntar as duas partes escolhidas, homogeneizando-as convenientemente até se obter a quantidade necessária para compor uma amostra de aproximadamente 1 kg;

Etapa 6: Encaminhar a amostra para análise laboratorial visando obter valores de metais e relação C/N (Carbono/Nitrogênio).

Após analisadas pelo laboratório, cada amostra recebe um laudo um laudo técnico com todos os resultados. Esse laudo foi transferido à um arquivo Excel (Figura 6) para melhor processamento e interpretação gráfica.

Figura 2 – Resultado das análises qualitativas das leiras de composto

RESULTADOS DE ANÁLISES CENTRAL DE COMPOSTAGEM - MONITORAMENTO INTERNO .														
Leiras	Limite máximo para liberação do composto													
	UM.	pH	C.O	N	C/N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	B	Zn
	45<um(<55	11	-	6	21	-	17,5	200	40	25	7	0,06	0,06	0,1
	%		g/Kg	g/Kg	<	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg
10% Dregs	37,19	9,20	33,00	4,10	8,0	7,00	7,40	282	6,60	5,20	6,0	0,037	0,26	0,09
15% Dregs	37,94	9,40	30,00	4,10	7,3	6,70	7,00	266	6,80	5,90	4,8	0,046	0,24	0,10
20% Dregs	37,28	9,30	27,60	3,40	8,1	6,20	6,40	263	5,80	6,40	5,2	0,046	0,23	0,09
25% Dregs	40,71	9,30	30,00	4,80	6,3	6,10	7,20	297	6,30	7,20	3,8	0,052	0,22	0,11
30% Dregs	34,16	9,50	28,00	3,40	8,2	5,40	6,60	200	5,40	5,20	5,1	0,041	0,26	0,08

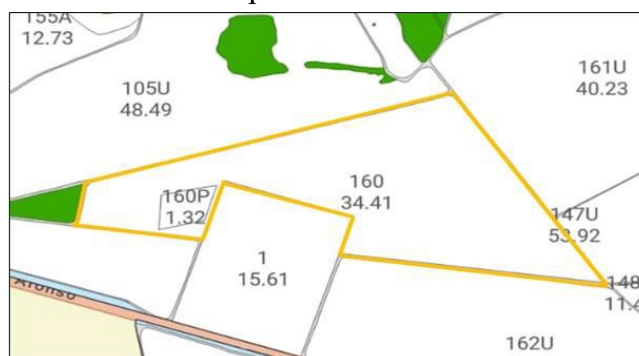
Fonte: Próprio Autor (2021)

Para que fosse aprovada, a leira deveria apresentar um valor de relação C/N abaixo de 21, e valores de sódio (Na) abaixo de 25g/kg (grama por quilograma). A relação C/N é um parâmetro que mostra quão estabilizada a leira se encontra, e os valores de sódio quando muito

altos, podem trazer preocupações com a desagregação de argila no solo, trazendo consequências negativas ao talhão onde aplicado.

O talhão está localizado no município de Mogi Guaçu-SP e conta com uma área de 34,41 ha (hectare). No ato do experimento, o talhão encontrava-se com uma área de floresta plantada aproximadamente 3,1 anos de idade. No acompanhamento do experimento, a área apresentou uma temperatura média de 22,37 °C (grau Celsius), precipitação média mensal de 95,58 mm (milímetro). O solo é caracterizado como latossolo vermelho amarelo, apresentando textura argilosa. Antes da aplicação das diferentes variações de composto no talhão, foram definidas e demarcadas as parcelas para cada tratamento, conforme apresentado na Figura 3.

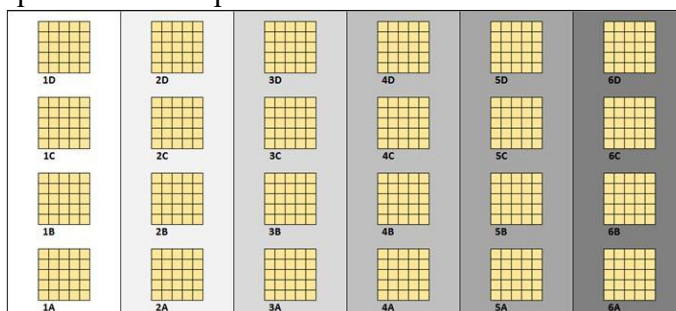
Figura 3 – Mapa do talhão onde o experimento foi realizado



Fonte: Próprio Autor (2021)

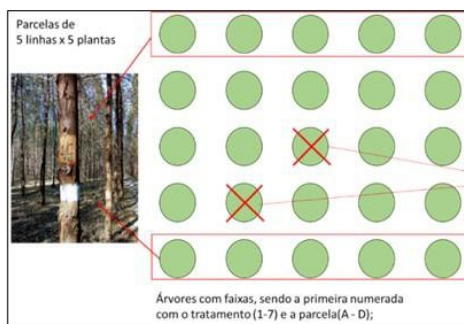
Foram instalados 4 blocos por parcelas denominados de A, B, C e D (Figura 4), sendo que cada bloco possui 5 linhas x 5 plantas, aproximadamente 210 m² (metro quadrado) cada. A coleta de solo foi realizada nos dias 12 e 13 de junho de 2019, onde foram coletados três pontos na linha de aplicação do composto e 3 pontos na linha onde não há aplicação e feitos duas amostras de solo compostas, uma no perfil de 0-20 cm (centímetro) e outro de 20-40 cm, conforme as Figura 5 e Figura 6.

Figura 4 – Croqui referente as parcelas uteis de cada tratamento do experimento



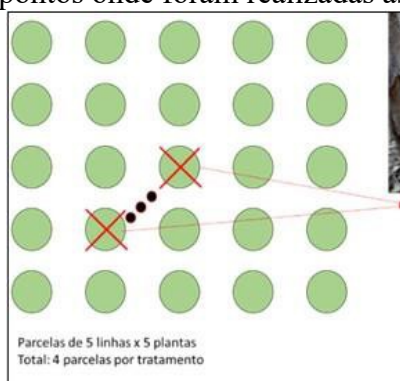
Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 5 – Demarcações realizadas nas parcelas uteis de cada bloco



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 6 – Representação dos pontos onde foram realizadas as coletas de solo



Fonte: Próprio Autor (2021)

Adicionalmente, foram realizadas avaliações e medições de inventário nos tratamentos, garantindo correlação dos diferentes tratamentos do experimento, não só com as características do solo, mas também com a produtividade das florestas. As amostras foram encaminhadas ao laboratório IBRA - Instituto Brasileiro de Análises localizado em Sumaré-SP e ML Laboratório de Análises Ambientais localizado em Mogi Mirim-SP, permitindo análise dos materiais.

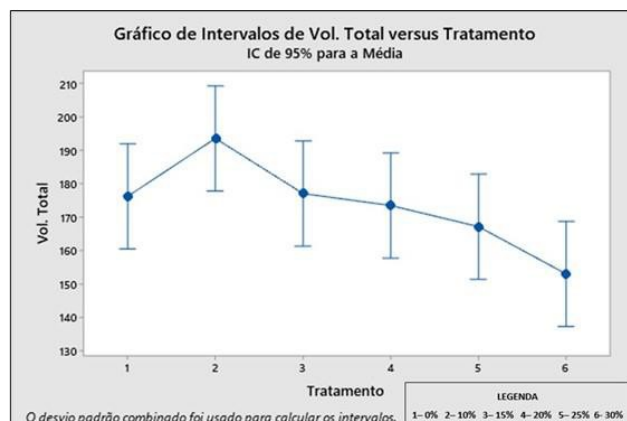
A aplicação em campo foi feita com máquinas de rolo esteira reguladas para aplicar uma média de 30 toneladas por hectare. A aplicação foi realizada de modo alternado, alternando as linhas de plantio. Foram realizados inventários (Circunferência na Altura do Peito (CAP) e altura das árvores da parcela) no início do experimento (3 anos de idade) e no final do mesmo (5 anos de idade), além de coletas de solo aos 6, 15 e 24 meses após aplicação.

Para validação e confirmação da assertividade analítica dos dados, uma vez que os mesmos apresentam variáveis e exigem que seja feito uma comparação entre as mesmas, foi utilizada a metodologia ANOVA, mais especificamente os métodos de Tukey e Fisher à 95% de confiança, usando o software Minitab.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o inventário inicial foi identificado uma diferença estatística relacionada a produtividade florestal no Tratamento 6 (30% dregs + lama-cal), apresentando uma inferioridade em termos de produtividade na primeira medição (Figura 7).

Figura 7 – Gráfico de volume total em cada tratamento no primeiro inventário

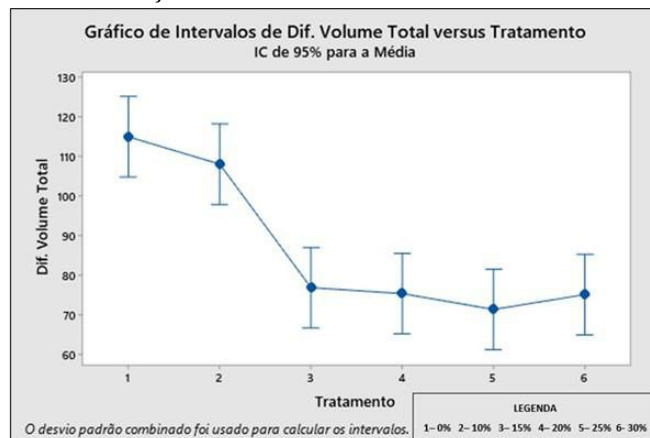


Fonte: Próprio Autor (2021)

A inferioridade verificada no Tratamento 6 fez com que esse tratamento não fosse considerado nas análises de produtividade final da floresta nos processamentos realizados posteriormente.

Comparando os dois inventários, foi possível identificar que o Tratamento 1, que não recebeu dregs + lama-cal e o Tratamento 2, que recebeu somente 10% de dregs + lama-cal apresentaram melhores resultados relacionados à volume total das árvores, e consequentemente, melhor produtividade da floresta, conforme Figura 16. No sentido de validar estatisticamente a superioridade dos Tratamentos 1 e 2 foi aplicado os testes de Tukey e Fisher com 95% de confiança (Figura 8).

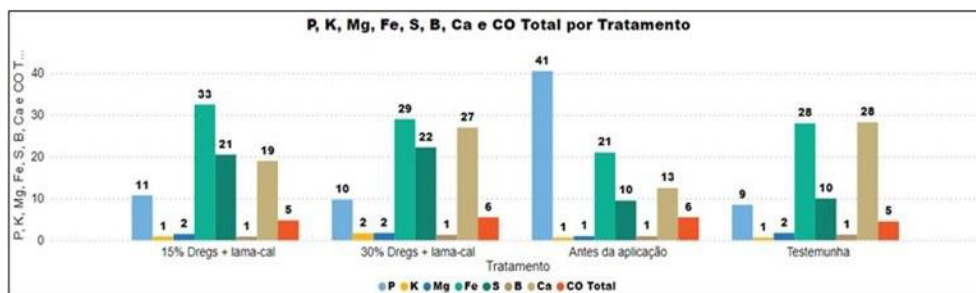
Figura 8 – Gráfico de diferença de volume entre o inventário inicial e final



Fonte: Próprio Autor (2021)

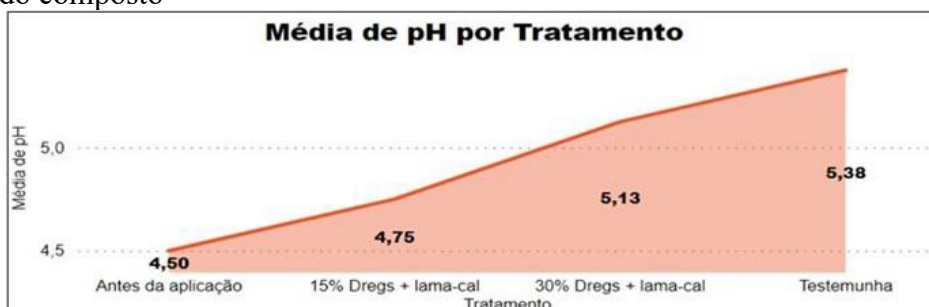
As análises físico-químicas do solo foram obtidas no período de até 15 meses após aplicação, quando também foram identificados parâmetros relacionados a pH, micro e macro nutrientes presentes no solo nos diferentes tratamentos. Os valores de micro e macro nutrientes apresentam insignificantes variações, tendo em vista que a floresta tende a utilizar desses recursos para seu desenvolvimento (Figura 9). Os valores de pH nos tratamentos diminuem conforme a o acréscimo de dregs + lama-cal no composto aplicado no talhão, porém, crescimento de forma insignificante (Figura 10).

Figura 9 – Variação de micro e macro nutrientes nos tratamentos do experimento, um ano após aplicação do composto



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 10 – Variação dos valores de pH nos tratamentos do experimento, um ano após aplicação do composto



Fonte: Próprio Autor (2021)

Além dos resultados outrora apresentados, as amostras também forneceram valores de razão de absorção de sódio (RAS), sendo que, esse fator é extremamente importante para identificação de características que favorecem a desagregação de argila do solo, que podem gerar problemas de perda de camada fértil, sensibilidade a assoreamento e erosão do solo com passar do tempo. Foi possível identificar que a razão de absorção de sódio no talhão é variável nos primeiros 15 meses após aplicação do composto, no entanto, quando a floresta está com 24 meses esse valor se torna significativo. Isso acontece pois o tratamento que não recebeu dregs + lama-cal obtém valor de RAS inferior ao encontrado na fase de pré-aplicação. Os tratamentos que receberam 15% e 30% desses resíduos apresentaram valores superiores e significativos para comprometimento nas características do solo.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se deste trabalho que, para talhões que apresentem as mesmas características de solo do experimento realizado, as diferentes variações de porcentagens (%) dregs + lama-cal inseridas na formação das leiras trazem impactos diretos na produtividade florestal, podendo apresentar uma diferença de até 65% no volume final da floresta.

Sendo assim, recomenda-se somente 10% de dregs + lama-cal na formação das leiras de composto para aplicação em campo, o que permite que os resíduos tenham um destino sustentável e não comprometam a produtividade das florestas de eucaliptos.

REFERÊNCIAS

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. Rio de Janeiro. Brasil, 2001.

FERNANDES, F.; SILVA, SMCP. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**.

1999. 2012.

PEIXOTO, A. A; FERNANDES, J. G. **Utilização da Técnica de Compostagem: uma proposta para destinação final dos resíduos orgânicos gerados em um restaurante universitário.** XIII SEGeT–Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Disponível em <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/8524288.pdf>>. Acesso em, 2020, 8

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo.** Viçosa, MG. Ed. UFV. 2007, 81 p.

SOARES, D. R. **Economia Circular na Indústria de Celulose tipo Kraft: aproveitamento de resíduos dregs e grits.** 2018. Tese de Doutorado. PUC-Rio.