



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
ENGENHARIA AGRONÔMICA

FERNANDO DE SOUZA SILVA

**ESTOQUE DE NUTRIENTES EM CLONES DE *EUCALYPTUS SP.* EM SISTEMA DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM COLORADO DO OESTE - RO**

COLORADO DO OESTE-RO
2023



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CAMPUS COLORADO DO OESTE
CURSO SUPERIOR ENGENHARIA AGRONÔMICA

FERNANDO DE SOUZA SILVA

ESTOQUE DE NUTRIENTES EM CLONES DE *EUCALYPTUS SP.* EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM COLORADO DO OESTE - RO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) - *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Ernando Balbinot.

COLORADO DO OESTE

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Silva, Fernando de Souza.

Estoque de nutrientes em clones de *Eucalyptus sp.* em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em Colorado do Oeste - RO / Fernando de Souza Silva. - Colorado do Oeste, 2025.

17 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Ernando Balbinot.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste, 2025.

1. Biomassa aérea florestal. 2. Coeficiente de utilização biológica. 3. Desenvolvimento do eucalipto. 4. Eficiência nutricional. 5. Fertilidade do solo. I. Balbinot, Ernando (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Colorado do Oeste, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Autor: Fernando de Souza Silva

Orientador: Ernando Balbinot

Situação: () Aprovado () Reprovado

Aprovado em: ___ / ___ / _____

Orientador(a)

Membro 1

Membro 2

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar, à Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos. À minha família, que sempre me incentivou a correr atrás dos meus sonhos. Ao grupo INTEGRA por todo o apoio e pela ajuda dos colegas, que muito contribuíram para a realização deste trabalho. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) pela disponibilização de recurso para a execução da pesquisa e posterior concessão de bolsa de iniciação científica.

RESUMO

Perante a importância da cultura do eucalipto no Brasil pelo seu grande potencial de produção de madeira e da demanda por sistemas mais sustentáveis de produção agropecuária, aspectos relacionados ao balanço nutricional, quando bem evidenciados, podem influenciar de forma equilibrada o ciclo biogeoquímico e contribuir para a indicação de espécies arbóreas como componentes de sistemas produtivos. O objetivo deste trabalho foi analisar o estoque de nutrientes compartimentalizados na parte aérea de clones de *Eucalyptus* sp., implantados em um sistema de ILPF em Colorado do Oeste - RO. Foram realizadas avaliações dendrométricas e da biomassa vegetal dos componentes da parte aérea (fuste, casca, galhos e folhas), como massa fresca e seca e teor de macronutrientes presentes nas plantas de três clones de eucalipto, aos 64 meses de idade. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com cinco repetições. Foram calculados a eficiência no uso de nutrientes e o estoque de nutrientes totais, em função das especificidades regionais da microrregião de Colorado do Oeste-RO. Os três clones não tiveram diferença significativa quanto a altura da planta, contudo o clone 2034 (*Eucalyptus camaldulensis* x *E. grandis*) x *E. urophylla*), e 4010 (*E. camaldulensis* x *E. grandis*) apresentaram características interessante para produção de madeira em volume ($m^3 ha^{-1}$) principalmente em relação ao volume do fuste da planta, quando comparado ao clone 2111 (*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*)). A maior expressão de biomassa foi registrada no clone 2034, destacando-se o lenho como o componente de maior volume. O acúmulo dos nutrientes seguiu a ordem de magnitude $Ca > K > N > S > P$, onde o clone 2111 obteve o maior nível de acúmulo para a maioria dos nutrientes. O clone 2034 demonstrou elevada eficiência de uso de nutrientes (EUN) no componente lenhoso, que é o principal elemento extraído comercialmente, ele se destacou em relação a todos os nutrientes, levando à hipótese de que utiliza os nutrientes de maneira mais eficiente.

Palavras-chave: Biomassa aérea florestal; Coeficiente de utilização biológica; Desenvolvimento do eucalipto; Eficiência nutricional; Fertilidade do solo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
3 MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 ÁREA DE ESTUDO	5
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	6
3.3 AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS	6
3.4 AVALIAÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL	6
3.5 ANÁLISE DOS DADOS	7
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DO FUSTE	8
4.2 ACÚMULO DE BIOMASSA NOS COMPONENTES DA PARTE AÉREA	9
4.3 ACÚMULO DE NUTRIENTES NOS COMPONENTES DA PARTE AÉREA	10
4.4 EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES (EUN) NOS COMPONENTES DA PARTE AÉREA	12
5 CONCLUSÃO	14
6 REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro vem crescendo ao longo dos anos devido à demanda por produtos oriundos das florestas, como a madeira, celulose e resina. O gênero *Eucalyptus* vem auxiliando a suprir essa demanda por madeira com propriedades silviculturais específicas e vantajosas, apresentando-se ainda como redutor da pressão exploratória exercida sobre as florestas nativas (IBA, 2016).

Em virtude do constante crescimento da produção de florestas plantadas no Brasil, torna-se cada vez mais necessário aperfeiçoar os processos e técnicas, considerando, sobretudo, a produtividade dos povoamentos. Isto se torna possível através da seleção de materiais genéticos adaptados, além da execução de técnicas apropriadas de manejo, tais como adubação, controle de plantas daninhas, pragas, doenças e adequado preparo do solo (GONÇALVES et al., 2015).

Na busca por maior rendimento dos povoamentos deve-se considerar, primordialmente, investimentos em práticas conservacionistas, pois os sítios ficam propensos à exaustão nutricional, sendo cada vez maior a preocupação das empresas do setor florestal em adotar práticas pautadas na conservação do solo e da água (PAES et al., 2013).

Os sistemas integrados de produção agropecuária, sobretudo aqueles que apresentam o componente arbóreo são eficientes sistemas conservacionistas de produção, pois favorecem a proteção do solo, melhoram a eficiência do uso de nutrientes e geram saldo positivo na fixação de carbono. Segundo Balbino et al. (2011) a tecnologia de produção integrada é motivada por ser uma alternativa viável de uso do solo, proporcionar o melhor aproveitamento da área, diversificar a renda do produtor, reduzir o uso de fertilizantes e insumos e, dessa forma, apresenta atualmente uma expansão em área produtiva no país, com expectativa de crescimento.

Em sistemas consorciados, a decomposição da matéria orgânica é uma forma de sinergismo e complementaridade que ocorre entre os componentes bióticos, beneficiando a ciclagem de nutrientes, tanto da cultura agrícola como da cultura florestal, possibilitando que os meios de produção disponíveis sejam mais eficientes (ABREU, 2016).

Alternativas advindas dos resultados de pesquisas sobre o ciclo de nutrientes em povoamentos florestais são de fundamental importância, pois possibilitam a previsão de situações que podem ser críticas a médio e longo prazo, tanto em relação à produtividade, quanto à qualidade do solo (VIERA et al., 2015).

A quantificação da biomassa e de nutrientes em qualquer forma de ecossistema florestal é de fundamental importância para que se conheça a dinâmica dos nutrientes nos diversos compartimentos do ecossistema, podendo-se assim, encontrar indicadores de possíveis impactos que algumas técnicas silviculturais podem causar (CALDEIRA et al., 2008).

Bellote et al. (2008) afirmam que fatores como o solo, clima e manejo, afetam diretamente o desenvolvimento das plantações de ciclo longo, e quando alterados podem ocorrer variações acentuadas no seu crescimento e produtividade. Assim, os nutrientes minerais interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento das árvores, sendo que a quantidade de nutrientes nas folhas, nos ramos e na casca do eucalipto é bastante expressiva.

A presente proposta consiste na avaliação do estoque de nutrientes presente na parte aérea da planta (fuste, casca, galhos e folhas) aos 64 meses de idade. Quantificar as variáveis dendrométricas, definir a biomassa aérea e os teores nutricionais em clones de eucalipto, em termos de unidade de massa compartimentalizada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil possui cerca de 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas, principalmente com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que são responsáveis por 91% de toda madeira produzida para fins industriais no país. Esta área corresponde a apenas 0,84% da área do país e a 1,55% da área total das florestas (IBA, 2019).

A grande produtividade das florestas plantadas no país, com crescimento anual superior a 40,0 m³ por hectare/ano para o eucalipto e 30,0 m³ por hectare/ano para o pinus, incentiva a sua implantação considerando que é sete vezes superior aos tradicionais países produtores (FONSECA, 2009).

O plantio de eucalipto no Brasil expandiu-se para regiões além daquelas tradicionais, como a Sul e Sudeste, tornando necessária a obtenção de informações sobre a produção e demanda de nutrientes desses novos plantios (SANTANA et al., 2008).

A demanda crescente por informações sobre tecnologias, que reduzam os riscos da atividade agropecuária com agregação de valor aos produtos e disponibilização de serviços ambientais na propriedade, tem aumentado nos últimos anos, sendo oportuna nesse cenário a exploração de produtos florestais, agrícolas e pecuários que favoreçam a

conservação do solo e da água e a fixação de carbono, agregando valor a adoção de sistemas agrossilvipastoris na propriedade rural (VIANA et al., 2012).

Apesar de vários estudos mostrarem os benefícios da ILPF sobre diferentes variáveis, informações relativas à disponibilidade de nutrientes nesses sistemas ainda demandam maior entendimento. Portanto, são necessários trabalhos que ajudem a entender melhor as relações entre as árvores e os diferentes componentes de sistemas de ILPF, para se definir uma distância mínima entre as faixas de árvores e o componente agrícola, que possa favorecer interações positivas entre eles. Sistemas de ILPF dimensionados adequadamente elevam a eficiência de utilização de nutrientes, principalmente a do fósforo, que é o nutriente mais limitante à produtividade em solos tropicais (DIEL et al., 2014).

O acúmulo e distribuição de nutrientes nos diversos componentes da planta e no solo podem servir de indicadores de diferenças entre os ecossistemas, em especial quanto à disponibilidade de nutrientes para as plantas (REIS; BARROS, 1990). A eficiência de uso de nutrientes ou coeficiente de utilização biológica são definidos, em senso fisiológico, como a quantidade de matéria seca produzida por unidade de nutriente absorvido. Esse coeficiente pode ser usado para seleção de genótipos ou mesmo de sistemas de produção que maximizem a eficiência no uso dos recursos (BALIGAR; FAGERIA, 1997).

Podem existir diferenças consideráveis entre espécies e entre clones de eucalipto quanto à absorção, utilização e eficiência de utilização de nutrientes (LIMA et al., 2005; MORAIS et al., 1990; PINTO et al., 2011; SANTANA, BARROS e NEVES, 2002), mostrando a possibilidade de seleção e adaptação de diferentes materiais genéticos a distintas condições edafoclimáticas. Segundo Silva (2013) a alta eficiência na utilização e ou absorção de nutrientes em um genótipo é desejável, pois está relacionada à produção de biomassa, podendo apresentar aumento na produtividade, redução na exportação de nutrientes e economia no uso de fertilizantes.

Segundo Silveira, Higashi e Moreira (2000), a falta ou excesso de um ou mais nutrientes provoca anormalidades nas árvores, diminuindo sua produtividade. Para isso, é necessário o estudo da biomassa e nutrientes nela contidos. Desta maneira, é possível entender os processos necessários e potenciais ao máximo desenvolvimento fisiológico de uma planta.

A distribuição dos nutrientes nos componentes das árvores tem grande importância na nutrição de plantações, manejadas em rotações curtas e sucessivas. Segundo Schumacher e Viera (2015), o manejo intensivo dos povoamentos de eucaliptos, por

exemplo, pode aumentar a produção de biomassa, mas, também, pode aumentar a remoção de nutrientes.

A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, bem como da produtividade de biomassa das espécies arbóreas de rápido crescimento, como é o caso do gênero *Eucalyptus*, está ligada diretamente ao processo de ciclagem dos nutrientes. O crescimento das árvores e a consequente produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes são influenciados pelo sítio e pelos aspectos do plantio, considerando as características do solo, a qualidade da muda ou do genótipo, o preparo do solo, a correta adubação, além da orientação das faixas de plantio das árvores no consórcio. Desse modo, a biomassa florestal compreende todo o material vegetal segmentado nos diferentes compartimentos (folhas, galhos, casca, madeira e raiz) das árvores, depositado ou devolvido ao sítio, naturalmente ou após intervenção antrópica (WINK et al., 2018).

A grandeza dos teores nos compartimentos é variável, com as folhas concentrando a maior atividade metabólica, comparado ao lenho, que é menor, e onde são alocados os nutrientes remobilizados e redistribuídos (BAGGIO; CARPANEZZI, 1997). Embora a madeira seja o compartimento com menor teor nutricional, a maior parte da biomassa se concentra nesse compartimento, com expressiva exportação de nutrientes, no entanto a variação na quantidade exportada é resultado da biomassa extraída. As diferenças no teor de nutrientes entre os compartimentos e no mesmo compartimento aumentam com a idade, em decorrência da translocação dos nutrientes de tecidos senescentes para regiões com maior atividade metabólica (REIS; BARROS, 1990). Portanto, a idade do tecido vegetal e consequentemente a mobilidade dos elementos explica a variação do teor dos nutrientes ao longo do tronco (RUBILAR et al., 2005).

A exportação nutricional devido a colheita das árvores influencia na produtividade, uma vez que ela está associada a exportação nutricional do sistema, influenciando assim no equilíbrio do balanço dos nutrientes no ciclo biogeoquímico. Assim, o conhecimento da importação e exportação de nutrientes pelos diferentes compartimentos das árvores durante o seu ciclo de produção se torna importante para tomada de decisão quanto às ações corretas de manejo ao nível das árvores e ao nível de sistema (WINK et al., 2018).

Várias empresas do setor florestal utilizam a informação da estimativa de massa de madeira para fazer previsão da quantidade de produtos a ser gerada por material genético por área, além da quantidade de carbono e nutrientes fixados na planta e por idade. Estas informações dão suporte ao planejamento e tomada de decisão sobre o aumento da área reflorestada, demandas de insumos, bem como para a obtenção de créditos de carbono (ASSIS et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Colorado do Oeste, localizado às margens da BR 435 km 63, zona rural do município de Colorado do Oeste. O solo da região é do tipo Argissolo Vermelho Eutrófico (EMBRAPA, 2006) e, segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Am, tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas (ALVARES et al., 2013).

A pesquisa foi desenvolvida em uma área de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta implantada em dezembro de 2015 e considerada como Unidade de Referência Tecnológica em ILPF, única do estado de Rondônia. Na ocasião, foi realizada a amostragem de solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. A área onde está implantado o sistema de ILPF apresenta declividade variando de 2,0 a 6,0%. Anteriormente, a área foi utilizada durante mais de 15 anos com o cultivo do milho para produção de silagem em sistema convencional de preparo do solo.

No ano de 2015 a área foi preparada com subsolagem e gradagem e foram construídos terraços, não sendo mais previstas intervenções de revolvimento do solo. Após o preparo da área foi realizado o plantio do eucalipto, com mudas adquiridas em viveiro da região. O plantio seguiu as curvas de nível do terreno, com renques de eucalipto formados por fileiras duplas, sendo estes espaçados em 26,0 metros entre renques (com algumas variações em função das curvas de nível), 3,0 metros entre fileiras e 2,0 metros entre plantas. Foram implantados seis clones de eucalipto, distribuídos igualmente em toda a área experimental.

O plantio e a adubação fosfatada foram realizados em sulcos e as demais adubações foram realizadas em cobertura, incorporados próximo de cada planta. Durante todo o período foram realizados os tratos culturais recomendados para a cultura do eucalipto e para as demais culturas implantadas entre os renques no sistema de integração. Desde a implantação as plantas de eucalipto foram avaliadas semestralmente quanto a altura e diâmetro do caule e anualmente foram coletadas amostras de solo para caracterização física e química.

No período de desenvolvimento inicial da cultura, ocorreu a inserção de algumas culturas anuais, sendo o milho para silagem a cultura mais utilizada. Quando o componente

arbóreo atingiu porte superior a 2 metros, ocorreu a inserção do componente animal, onde primeiro ocorreu a implantação da pastagem.

Para a formação da pastagem ocorreu a semeadura *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com 4 repetições, sendo cada repetição representada por um indivíduo. Os clones 2034 (*Eucalyptus camaldulensis* x *E. grandis*) x *E. urophylla*), 2111 (*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*)) e 4010 (*E. camaldulensis* x *E. grandis*) foram os tratamentos avaliados. Destes, foram selecionadas cinco árvores agrupadas para a avaliação, sendo estas consideradas as repetições, totalizando 12 árvores.

Os valores de altura total e diâmetro a altura do peito para cada repetição foram obtidos a partir de equações alométricas. Para a obtenção das equações, as árvores de cada tratamento foram divididas em 4 classes a partir do DAP, onde em cada classe foi abatida uma árvore para realizar as avaliações. Foram abatidas 12 árvores, e avaliado a biomassa total, volume total, matéria seca e o teor de nutrientes, para posteriormente obter os valores para área total.

3.3 AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

Aos 64 meses realizou-se inventário do plantio para a medição das variáveis dendrométricas. Obteve-se as medidas da altura total (ALT - m) e do diâmetro à altura do peito (DAP - cm) de todos os indivíduos, por meio do hiposômetro e fita métrica, respectivamente. Por meio deste levantamento foram determinados quatro intervalos de classe diamétrica para cada clone de eucalipto. A partir destas informações, foi utilizada uma planta de cada classe diamétrica para as avaliações previstas, totalizando cinco repetições por tratamento.

3.4 AVALIAÇÃO DA BIOMASSA VEGETAL

As plantas tiveram o fuste seccionado em partes e separados da casca e em seguida realizou-se a aferição da massa fresca destes componentes. Foram retirados quatro discos de 5,0 cm de largura, na base, a 10% (disco A), a 25% (disco B), 50% (disco C) e 75% (disco D) e 100% (disco E) da altura total do fuste, considerando o diâmetro mínimo de 5,0 cm na extremidade superior. As amostras destes materiais foram separadas, identificadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas a laboratório para a determinação da massa seca, onde permaneceram em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. As

amostras contendo os discos permaneceram por 96 horas, devido ao maior volume de massa.

Para fins de avaliação das folhas e galhos será realizada amostragem de acordo com a recomendação de Bellote e Silva (2005). Em cada planta serão amostrados os galhos e folhas do terço médio e nos quatro quadrantes, coletando-se as folhas 3, 4, 5 e 6 a partir do ápice e recém-maduras, totalizando uma amostra composta com 100 folhas por planta. As folhas e galhos foram armazenadas em sacos de papel e conduzidas para laboratório, lavadas com água destilada, e posteriormente, colocadas em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas.

Para determinar o teor de nutrientes dos componentes, três subamostras de cada componente foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 2,0 mm. As subamostras foram misturadas de forma homogênea para formar uma amostra para cada planta. Assim, foram acondicionadas em recipientes, etiquetadas e enviadas ao laboratório para análises. Com o aporte dos resultados laboratoriais, foram estimados os conteúdos totais de nutrientes dos componentes das árvores, multiplicando-se suas concentrações pelas respectivas quantidades de matéria seca. O estoque de nutrientes de cada componente foi calculado pelo somatório do estoque de nutrientes presente nos componentes de cada árvore.

A eficiência no uso de nutrientes (EUN) para produção de matéria seca da parte aérea das árvores será calculada pela metodologia proposta por Barros et al. (1986), razão entre a biomassa seca do componente e o conteúdo de nutrientes acumulados. O estoque de nutrientes totais da parte aérea foi calculado pelo somatório dos componentes da árvore (folhas, galhos, fuste e casca).

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando o teste F foi significativo, comparou-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DO FUSTE

Ao observar os valores de altura da planta não obteve diferença significativa entre os clones, mas nota-se influência sobre o DAP. Observou-se que o clone 2034 apresentou maior DAP que o clone 2111, em 3,1% e 2,8% respectivamente.

Em termos de volume ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$), é possível analisar que o clone 2034 apresentou maior valor para produção de madeira, quando comparados aos clones 2111 e 4010 conforme Tabela 1. Essa produção e aumento no volume total de madeira produzido no clone 2034 resulta na variável mais importante do ponto de vista econômico, pois um maior volume total aumenta o rendimento da atividade.

Tabela 1- Crescimento em Altura (m), DAP (cm), volume ($\text{m}^3 \text{árv}^{-1}$) de três clones de *Eucalyptus sp.* aos 64 meses de idade, em sistema integrado de produção ILPF no município de Colorado do Oeste/RO.

Clones	Altura (m)	DAP (cm)	Volume Individual ($\text{m}^3 \text{árv}^{-1}$)	Volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)
2034	18,9 a	16,43 a	0,41 a	142,63 a
2111	18,1 a	14,64 b	0,31 b	105,74 b
4010	18,9 a	15,16 ab	0,34 b	116,06 b
CV (%)	11,6	12,47	21,59	21,69

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Ao analisar o DAP e o volume total, verificou-se que quanto mais elevado os valores de DAP maior o volume de produção de madeira, no entanto a altura não apresentou correlação. Martins et al. (2021) em seus estudos observou que o DAP obtêm valores mais precisos para estimar o volume de produção total, enquanto a altura de planta pode ocasionar incoerência devido a falta de autenticidade dos dados no momento da medição.

Em estudo realizado por Caterina (2017), é ressaltado que vários fatores têm a capacidade de impactar o ciclo de desenvolvimento das árvores. Por exemplo, a diversidade de clones, distância entre plantas e a fase de desenvolvimento da cultura. Durante o desenvolvimento inicial da cultura observa-se um acelerado crescimento em altura, entretanto o DAP não coincide com esse desenvolvimento rápido. À medida em que

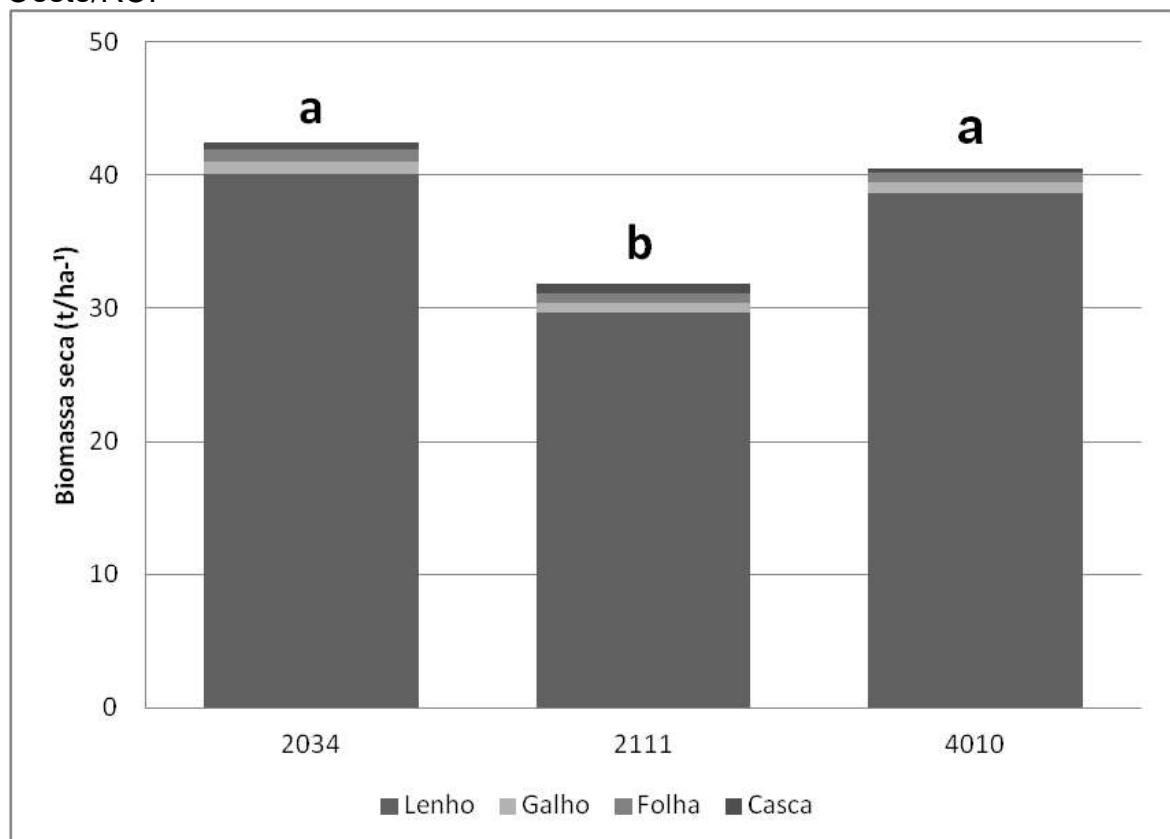
a planta envelhece, ocorre um declínio na taxa de crescimento em altura, ao mesmo tempo em que se inicia ampliação no diâmetro da planta.

4.2 ACÚMULO DE BIOMASSA NOS COMPONENTES DA PARTE AÉREA

Ao analisar a produção total de biomassa da parte aérea, o clone 2034 apresentou um acúmulo de 44,110 Mg/ha⁻¹, o clone 4010 teve um acúmulo de 41,95 Mg/ha⁻¹. Já o clone 2111 apresentou uma produção inferior aos demais, armazenando 32,98 mg/ha⁻¹ de matéria seca, conforme ilustrado na Figura 1.

A elevada produção foi devido principalmente à biomassa do lenho elevada, onde a produção de folhas e casca não demonstrou diferença significativa. O clone 2034 obteve um acúmulo de 40,1 mg/ha⁻¹ no lenho e 2,54 toneladas por hectare nos galhos, enquanto o clone 2111 acumulou 29,7 Mg/ha⁻¹ no lenho e 1,78 mg/ha⁻¹ nos galhos, demonstrando ser inferior aos demais clones.

Figura 1 - Estoque de biomassa dos três clones de *Eucalyptus sp.* aos 64 meses de idade, em sistema integrado de produção ILPF no município de Colorado do Oeste/RO.



Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A quantidade mais significativa de biomassa na porção aérea foi registrada na madeira do tronco (fuste), seguida pela biomassa dos galhos, folhas e casca. Ao analisar

a proporção de cada componente na estrutura da planta, constata-se que a média de biomassa no lenho gerado pelos três clones atinge 91,14%.

Estudo de Cunha et al. (2018). Neste último, que investigou a produção de biomassa ao longo de sete anos, foi constatado que a contribuição do tronco para a biomassa total da parte aérea era de 91,83%.

4.3 ACÚMULO DE NUTRIENTES NOS COMPONENTES DA PARTE AÉREA

O componente lenhoso destacou-se como o compartimento que evidenciou o mais significativo acúmulo de nutrientes, atribuído à sua expressiva contribuição para a biomassa total, conforme tabela 2. A distribuição dos nutrientes seguiu a ordem de magnitude $Ca > K > N > S > P$. Observou-se uma redução no estoque de nutrientes nas folhas, seguido pela diminuição nos galhos.

Na Tabela 2, é possível constatar que, de maneira geral, o cálcio representa o nutriente com o maior armazenamento, considerando a média dos três clones analisados. Essa observação é confirmada por WINK et al. (2018), cujo estudo sustenta que o cálcio é o elemento mais extraído pelos componentes florestais devido a sua participação estrutural e fisiológica da planta, atingindo 83,2% de seu potencial em plantações com cinco anos de idade.

Tabela 2 - Estoque de nutrientes dos três clones de *Eucalyptus sp.* aos 64 meses de idade, no sistema integrado de produção ILPF no município de Colorado do Oeste/RO.

Nutriente (Kg/ha ⁻¹)	Clones	Constituinte da planta		
		Lenho	Folha	Galho
N	2111	30,34 a	19,51 a	0,38 ab
	2034	29,47 a	20,45 a	0,43 a
	4010	34,48 a	23,23 a	0,23 b
P	2111	16,02 a	1,81 b	0,25 a
	2034	8,88 b	1,68 b	0,27 a
	4010	17,33 a	2,13 a	0,13 b
K	2111	54,74 a	14,23 a	0,83 a
	2034	35,42 b	12,47 a	0,81 a
	4010	41,78 ab	13,56 a	0,56 a
Ca	2111	95,31 ab	9,48 a	2,83 a
	2034	122,75 a	6,31 b	3,27 a
	4010	91,16 b	10,99 a	3,26 a
Mg	2111	7,26 a	2,53 b	0,25 a
	2034	6,03 a	2,86 ab	0,20 a
	4010	5,54 a	3,24 a	0,14 b
S	2111	17,10 a	1,43 a	0,09 a
	2034	19,20 a	1,36 a	0,11 a
	4010	14,18 a	1,55 a	0,06 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Ao analisar o acúmulo de nitrogênio entre os clones, observa-se que não houve diferença estatística quanto à sua acumulação no lenho e na folha. Entretanto, no componente galho, o clone 2034 evidenciou um acúmulo nitrogênico superior aos demais clones.

Em relação a concentração de fósforo, o clone 4010 apresentou valores superiores em relação ao acúmulo de biomassa no lenho e nas folhas. O material 2111 acumulou 54,74 kg/ha⁻¹ de potássio em seu lenho, sendo superior ao 2034, que apresentou o menor valor dos níveis do nutriente, nos demais componentes da planta, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas.

O acúmulo mais expressivo de cálcio foi registrado no lenho do clone 2034, enquanto o clone 4010 retratou o menor acúmulo. Na parte foliar o clone 2111 e 4010 foi superior em relação ao clone 2034, e no componente galho não houve diferença significativa.

A quantidade de magnésio acumulada no lenho não houve diferença significativa, somente nas folhas, o clone 4010 obteve valores superiores aos demais, e nos galhos o clone 2111 apresentou o maior valor e o clone 4010 obteve o menor valor. Não houve diferença significativa nos níveis de enxofre acumulados no lenho e folhas, somente nos galhos, o clone 2034 apresentou o maior valor enquanto o 4010 apresentou o menor valor.

O componente arbóreo desempenha papel fundamental na manutenção do sistema. Os resíduos como casca, galhos e folhas depositados no sistema durante o desenvolvimento da cultura são mineralizados e grande parte é novamente disponibilizada para a planta.

Durante a colheita mecanizada tem o foco primordial no fuste da planta, e geralmente são deixados grandes resíduos na área como, volumes lenhosos remanescentes no ponteiro das árvores, galhos grossos, folhas e árvores finas. Esses materiais podem ser deixados na área para se decompor lentamente ou pode ser feita a trituração para acelerar esse processo.

Além disso, é importante para aumentar a matéria orgânica no solo e disponibilizar nutrientes para as árvores. Em solos de baixa fertilidade a quantidade de matéria orgânica depositada e a velocidade de decomposição podem representar aumento na produtividade.

4.4 EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES (EUN) NOS COMPONENTES DA PARTE AÉREA

A tabela 3 apresenta os valores obtidos para a eficiência de utilização de nutrientes no lenho, folhas, galhos e casca, dos três clones investigados. Os desempenhos de eficiência na utilização de nutrientes exibiram variações entre os clones para todos os elementos analisados.

O componente lenho demonstrou uma eficiência de utilização de nutrientes superior em todos os clones, em comparação com os demais constituintes. Segundo Almeida (2009), a eficiência de utilização pode ser influenciada pelo componente específico em estudo, seja o clone ou a estrutura da planta. Um exemplo notável é a baixa eficiência de utilização observada no lenho.

O clone 2034 de modo geral, teve uma EUN do componente lenhoso superior para todos os nutrientes, sugerindo-se a hipótese de que assimila os de forma mais eficiente em relação aos demais clones.

O material 2111 demonstrou valores superiores de eficiência no componente foliar para os nutrientes N, P, K e mg em relação aos outros clones. Já para Ca e S, o clone 2034 obteve valores superiores e o clone 4010 teve os menores valores de EUN para todos os nutrientes.

Tabela 3 - Eficiência de utilização de nutrientes (EUN) na biomassa dos três clones de *Eucalyptus sp.* aos 64 meses de idade, no sistema integrado de produção ILPF no município de Colorado do Oeste/RO.

Nutriente (mg de biomassa/Kg do nutriente)	Clones	Constituinte da planta			
		Lenho	Folha	Galho	Casca
N	2111	929,66 a	61,72 a	248,43 ab	352,01 a
	2034	907,38 ab	43,32 b	218,65 b	293,99 ab
	4010	814,01 b	38,49 c	276,37 a	268,38 b
P	2111	1726,60 b	658,55 a	784,22 b	508,25 a
	2034	3534,03 a	533,95 b	827,76 a	446,80 b
	4010	1291,17 b	417,34 c	489,59 c	454,37 b
K	2111	498,12 c	84,37 a	140,10 a	155,98 a
	2034	892,84 a	73,55 b	114,19 b	152,22 a
	4010	506,14 b	65,58 b	114,60 b	113,23 b
Ca	2111	288,55 a	125,65 b	79,38 b	34,23 a
	2034	257,87 ab	141,99 a	94,95 a	34,98 a
	4010	240,69 b	82,32 c	74,61 b	24,69 b
Mg	2111	3842,67 b	469,52 a	758,38 c	522,00 b
	2034	5214,82 a	307,23 b	804,83 b	664,74 a
	4010	3953,02 b	275,00 c	923,34 a	427,13 c
S	2111	1603,28 a	754,39 a	1938,62 a	1397,86 a
	2034	1640,94 a	784,24 a	1613,98 b	1112,89 b
	4010	1542,48 a	574,00 b	1440,27 c	1019,79 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na eficiência de utilização de nutrientes no galho, não se evidenciou a predominância de um clone para todos os nutrientes, destacando-se uma considerável variação entre os clones. Já para as cascas, o clone 2111 foi superior em relação aos demais clones.

Os nutrientes com maior EUN para galho e casca foram o enxofre e fósforo, onde o clone 2111 obteve valores superiores aos demais em relação ao nutriente enxofre, já para o fósforo houve uma grande variação entre os clones.

5 CONCLUSÃO

Os três clones não tiveram diferença significativa quanto a altura da planta, contudo o clone 2034 apresentou características interessantes principalmente em relação ao fuste para a produção de madeira em volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), obtendo uma maior produtividade.

A maior expressão de biomassa foi registrada no clone 2034, destacando-se o lenho como o componente de maior volume.

O acúmulo dos nutrientes seguiu a ordem de magnitude $\text{Ca} > \text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{P}$, onde o clone 2111 obteve o maior nível de acúmulo para a maioria dos nutrientes.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, K. M. **Serapilheira acumulada em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em diferentes idades no bioma cerrado.** Trabalho de conclusão de Curso de Engenharia Florestal. Escola de Agronomia. Goiânia – GO, 2016.
- ASSIS, M. R. et al. **Modelagem da biomassa e do estoque de carbono em plantas jovens de Eucalyptus sp.** *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 225-233, 2015.
- ALMEIDA, J. C. R. **Nutrição, crescimento, eficiência de uso de água e de nutrientes em povoamentos de Eucalyptus grandis fertilizados com potássio e sódio.** 2009. 112 f. Tese Doutorado (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, [S. I.], 2009
- BAGGIO, A. J. et al. **Biomassa aérea da bracatinga Mimosa scabrella Benth. em talhões do sistema de cultivo tradicional.** *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 34, p. 31-44, 1997
- BALBINO, L. C. et al. **Evolução Tecnológica e Arranjos Produtivos de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 10, 2011.
- BALIGAR, V. C. et al. **Nutrient use efficiency in acid soils: nutrient management and plant use efficiency. In: Plant-Soil Interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production.** Moniz, A.C., Furlani, A.M.C., Schaffert, R.E., Fageria, N.K., Rosolem, C.A., Cantarella, H. (Editores). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.75-95, 1997.
- BELLOTE, A. F. J. et al. **Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de Eucalyptus com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, n.56, p.31-41, jan./jun. 2008.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. **Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa.** *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.29, n.1, p.53-68, 2008.
- CATERINA, G. L. **Curvas de crescimento de Eucalyptus spp. em plantios de diferentes espaçamentos.** 2017. 84 f. Tese (Doutorado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, [S. I.], 2017.
- CUNHA, S. D. et al. **Produção de biomassa de Eucalyptus urograndis em um sistema agroflorestal.** *Sistemas agroflorestais*, Goiás, v. 15, p. 1-4, 1 jan. 2018.
- DIEL, D. et al. **Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.49, n.8, p.639-647, 2014.
- FONSECA, F. H. **Tendências e perspectivas para o setor de florestas plantadas.** *Revista Opiniões*, Ribeirão Preto, 2009

GONÇALVES, J. L. M. et al. Caracterização edafoclimática e manejo de solos das áreas com plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria, Ed. UFSM. 2015. 308p.

IBA - **INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES**. Dados e Estatísticas. IBA, 2016

IBA - **INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES**. **Relatório 2019**, 80p. 2019. Disponível em: < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em 10/08/2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2018**. Rio de Janeiro, v. 33, p. 1-8, 2018.

LIMA, A. M. N. et al. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 903–909, 2005.

MARTINS, M. T. et al. ESTIMATIVAS VOLUMÉTRICAS EM PLANTIOS DE EUCALIPTO PARA DUAS MESORREGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL. **BIOFIX Scientific Journal**, Rio Grande do Sul, v. 6, n. 1, p. 28-36, 1 jan. 2021.

PAES, F. A. S. V. et al. Impacto do manejo dos resíduos da colheita, do preparo do solo e da adubação na produtividade de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 37, p. 1081-1090, 2013.

REIS, M. G. F. et al. **Ciclagem de nutrientes em plantio de eucalipto**. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). *Relação solo-eucalipto*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p. 265-301.

RUBILAR, R. A. et al. **Comparison of biomass and nutrient content equations for successive rotations of loblolly pine plantations on an Upper Coastal Plain Site**. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 28, n. 6, p. 548-564, 2005.

SANTANA, R. C. et al. **Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, 2008.

SILVA, N. F. D. **Produtividade, demanda e eficiência nutricional de clones de eucalipto em regime de alto fuste e talhadia**. Universidade Federal de Viçosa, 2013.

SILVEIRA, R. L. V. A .et al. **Avaliação do estado nutricional do Eucalyptus: diagnose visual, foliar e suas interpretações**. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

VIANA, M. C. M. et al. **Consociação de culturas com o eucalipto no sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. Anais, Águas de Lindóia, 2012.

VIERA, M. et al. Biomassa e exportação de nutrientes pela colheita do eucalipto. In: SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. Santa Maria, Ed. UFSM. 2015. 308p.

WINK, Charlotte.; et al. **Biomassa e nutrientes de eucalipto cultivado em sistema agrossilvipastoril**. *Nativa*, Sinop - MT, p. 754-762, 1 dez. 2018.