



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E ZOOTECNIA – DFZ
COLEGIADO DE ENGENHARIA FLORESTAL

RELAÇÕES ENTRE ÍNDICE SPAD, TEOR DE CLOROFILA E ESTADO DE
NITROGÊNIO EM FOLHAS DE PLANTAS JOVENS DE EUCALIPTO SUBMETIDAS A
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
OUTUBRO DE 2018

VINICIUS VIEIRA BOTELHO

RELAÇÕES ENTRE ÍNDICE SPAD, TEOR DE CLOROFILA E ESTADO DE
NITROGÊNIO EM FOLHAS DE PLANTAS JOVENS DE EUCALIPTO SUBMETIDAS A
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte da avaliação da Disciplina Monografia II, para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo.

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

OUTUBRO DE 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Campus de Vitória da Conquista – BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: Relações entre índice SPAD, teor de clorofila e estado de nitrogênio em folhas de plantas jovens de eucalipto submetidas a diferentes doses de adubação nitrogenada

Autor: Vinicius Vieira Botelho

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pela Banca Examinadora:

Paulo Araújo Ramos Cairo

Prof. Dr. Paulo Araújo Ramos Cairo – DFZ/UESB
Orientador

Katielle S. Brito Kateivas

Dra. Katielle Silva Brito Kateivas

Rayka K. A. Santos

MSc. Rayka Kristian Alves Santos – Doutoranda PG Agronomia/UESB

Data de realização: 26/10/2018

UESB – Campus Vitória da Conquista, Estrada do Bem Querer, km 04
Telefone: (77) 3424-9380
Fax: (77) 3424-1059 CEP: 45083-900
E-mail: ccengflor@uesb.edu.br

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai eterno, pela graça da vida e pelos dons concedidos; por ter me permitido trilhar todos os caminhos, sempre me dando força, saúde e coragem para enfrentar os desafios;

Ao meu pai, Nilton, e à minha mãe, Patrícia, pelo amor, carinho, ensinamentos, confiança e por acreditarem em mim a cada instante desta vida, pois sem eles nada disso seria possível;

Ao meu irmão, João, pessoa que tanto amo, admiro, respeito e que é fonte de orgulho para mim e toda a minha família;

À minha avó materna, que sempre se preocupou comigo e dedicou parte da sua vida para me educar, me amar e a me ensinar a ser uma pessoa simples e honrosa. Te amo, vó!

A todos os meus familiares, que estiveram sempre ao meu lado, me incentivando, aconselhando e me apoiando em cada momento da minha vida;

Ao meu primo, Bruno, e à minha tia, Keu, que me receberam de braços abertos em sua casa e sempre estiveram comigo durante todo o período da graduação. Serei eternamente grato;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Colegiado de Engenharia Florestal;

Ao Prof. Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo, pelas oportunidades, orientação, ensinamentos e pela grande amizade;

Aos participantes da banca, Katielle e Rayka, pelas contribuições dadas para a melhoria deste trabalho e por terem aceitado o meu convite;

Ao meu amigo, Janderson, pela oportunidade de acompanhá-lo durante seu projeto de Mestrado, pelas dicas, ensinamentos e pela grande ajuda dada durante a execução deste trabalho;

Aos colegas e amigos que conheci ao longo da graduação, e que levarei pelo resto da vida, em especial a Iago, Yann, Mateus, Guilherme, Maicon e Júlio;

Ao Prof. Dr. Gilmar Correia Silva, pela orientação em trabalhos acadêmicos, incentivo e pela grande amizade;

A todos os professores do Curso de Engenharia Florestal, que contribuíram diretamente para a minha formação acadêmica e profissional;

Ao Prof. Dr. Odair Lacerda Lemos e a Ana Paula Prado, pela oportunidade de estágio e pelos ensinamentos passados durante esse período;

À empresa TecnoPlant e ao viveirista Nery, pela doação das mudas;

E a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

RESUMO

A adubação nitrogenada consiste numa prática de cultivo que pode alterar o teor de nitrogênio (N) nas plantas. Em algumas culturas, o estado nutricional de N tem sido avaliado, de forma indireta, com base no índice SPAD e no teor de clorofilas, como métodos alternativos à quantificação do teor de N total das folhas. Em eucalipto, contudo, estes estudos ainda são escassos, e devem levar em conta as condições edafoclimáticas das diferentes áreas de cultivo. O objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre o índice SPAD, o teor de clorofilas e o teor de N total em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, submetidas a diferentes doses de adubação nitrogenada. Realizou-se um experimento em ambiente protegido, empregando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, constituídos de adubação com ureia nas seguintes doses: 0, 20, 40, 60 e 80 mg de N dm⁻³ de solo, com seis repetições. Aos 75 dias após o transplântio das mudas em vasos, avaliaram-se o índice SPAD, o teor de clorofilas totais e o teor de N total. A adubação nitrogenada resultou em aumentos nos teores foliares de N total e clorofilas totais, bem como no índice SPAD. Esse efeito teve comportamento linear em relação ao teor de N total, e quadrático em relação ao teor de clorofilas totais e ao índice SPAD. Em resposta à adubação nitrogenada, as relações entre as variáveis apresentaram correlação positiva e linear. No entanto, para o teor de clorofilas totais e o índice SPAD, a relação foi mais expressiva, quando comparado com as relações entre os teores de N total e de clorofilas totais, e entre o teor de N total e o índice SPAD.

Palavras-chave: *Eucalyptus urophylla*, nutrição florestal, diagnose nutricional de plantas.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 7 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 9 |
| 2.1 Eucalipto: origem, taxonomia e importância econômica..... | 9 |
| 2.2 Nitrogênio e seus efeitos na cultura do eucalipto | 10 |
| 2.3 Clorofilas: características gerais, relação com a fotossíntese e métodos para quantificação | 11 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 13 |
| 3.1 Localização e características da área experimental | 13 |
| 3.2 Coleta de solo, preparo dos vasos e adubação de plantio | 13 |
| 3.3 Material genético, delineamento experimental e tratamentos..... | 14 |
| 3.4 Características avaliadas e análise estatística dos dados..... | 15 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 4.1 Respostas das plantas à adubação nitrogenada | 18 |
| 4.2 Relações entre as variáveis em estudo | 21 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 25 |
| 6 REFERÊNCIAS | 26 |

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o setor florestal brasileiro passou a ocupar posição de destaque internacional, em relação aos principais produtos de base industrial, ao lado de países como a China, EUA e Canadá. Dentre as espécies florestais cultiváveis, o eucalipto é a que apresenta maior potencial silvicultural, devido à sua boa adaptação a diferentes condições de cultivo e versatilidade em atender aos diversos setores da indústria, com destaque para o segmento de celulose, papel e carvão vegetal (LONGUE JÚNIOR e COLLODETTE, 2013). Dos quase 8 milhões de hectares de florestas plantadas, aproximadamente 5,6 milhões correspondem a povoamentos florestais com diferentes espécies de eucalipto, distribuídos por todo o território nacional (APRE, 2018).

Entretanto, apesar do bom desempenho do eucalipto, alguns fatores ainda são condicionantes para o estabelecimento de florestas plantadas e representam um grande desafio para a silvicultura brasileira, como é o caso da nutrição e a fertilização florestal. O crescimento e a produtividade madeireira estão diretamente relacionados com a absorção e o acúmulo de nutrientes pelas plantas, que por sua vez depende da disponibilidade destes elementos na solução do solo (BARROS et al., 2005), em especial nas zonas tropicais, onde o alto grau de intemperismo limita a fertilidade natural das áreas produtivas, implicando assim a suplementação nutricional extra, por meio da adubação mineral.

O nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas lenhosas, exercendo grande influência sobre o seu crescimento. No entanto, devido ao custo elevado e aos riscos de contaminação ambiental, é necessário o emprego de técnicas adequadas para otimizar e garantir a utilização sustentável deste nutriente.

Atualmente, a análise química dos tecidos foliares tem sido o método direto mais empregado para avaliar o estado de N nas plantas, por meio da quantificação, em laboratório, do teor de N total presente na folha. No entanto, o custo elevado e o tempo requerido para a realização das análises e obtenção dos resultados, podem ser fatores decisivos para a sua escolha (MARTINEZ et al., 1999).

A quantificação dos teores de clorofila em laboratório tem sido um método bastante empregado para determinação dos níveis de N na folha. Em muitas espécies (BARBIERI JUNIOR, 2009; PÔRTO et al., 2011), este método apresenta correlação positiva com o teor de N total, permitindo o seu emprego como alternativa ao método direto para a avaliação do

estado nutricional de N nas plantas. Segundo Marengo e Lopes (2005), isso se deve ao fato de que 70% do N presente nas folhas estão nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila. Entretanto, algumas desvantagens dificultam a escolha desse método, como o estabelecimento de critérios para a amostragem das folhas, a utilização de métodos destrutivos para a análise do material vegetal e a impossibilidade de tomar decisões de forma rápida, no campo, para o manejo da adubação nitrogenada.

Outro método frequentemente utilizado para se avaliar o estado nutricional de N em plantas é o uso do clorofilômetro Soil Plant Analysis Development (SPAD-502 Plus, Minolta), um equipamento portátil que fornece uma estimativa da intensidade de cor verde nas folhas, conhecido como Índice SPAD, que costuma apresentar correlação positiva com o método de quantificação dos teores de clorofila em laboratório. Por esta razão, o Índice SPAD tem sido relacionado com o estado nutricional de N em diversas culturas (ARGENTA et al., 2001), sobretudo por se tratar de um método prático e de baixo custo. Na cultura do eucalipto, contudo, essas informações ainda são escassas e precisam levar em conta as possíveis influências de condições edafoclimáticas em diferentes locais de cultivo.

No presente estudo, objetivou-se verificar a possível ocorrência de correlação positiva entre o Índice SPAD, o teor de clorofilas totais e o teor de N total em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, cultivadas em vasos e submetidas a diferentes doses de adubação nitrogenada, em ambiente controlado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Eucalipto: origem, taxonomia e importância econômica

Eucalipto é o nome vulgar de espécies arbóreas pertencentes a três gêneros botânicos da família Myrtaceae: *Eucalyptus*, *Corymbia* e, em menor número, *Angophora* (RITTER, 2014). O gênero *Eucalyptus* tem sua origem na Austrália, ocorrendo naturalmente na Nova Guiné, Indonésia e outras ilhas da Oceania, e apresenta pouco mais de 700 espécies já descritas, sendo considerado o mais importante, do ponto de vista econômico, para a silvicultura brasileira (FREITAS JÚNIOR, 2011; SILVA, 2014).

O sucesso da expansão desta cultura está relacionado à sua alta eficácia em fixar o carbono atmosférico e convertê-lo na forma de matéria seca, o que se evidencia nos seguintes aspectos: rápido crescimento e incremento em volume, durante curtos intervalos de tempo, em comparação a outras essências florestais; capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas; e versatilidade na utilização de sua madeira para atender a diferentes setores da indústria (PINTO JÚNIOR et al., 2014).

Dentre os produtos obtidos a partir da madeira do eucalipto, a celulose e o papel lideram o setor de produção, seguido do carvão vegetal e lenha para as indústrias siderúrgicas (IBÁ, 2017). Só no ano de 2016, o volume de celulose e papel produzido foi da ordem de 85,2 milhões de m³, gerando um valor de R\$ 5,2 bilhões, sendo que a madeira em toras, responsável por 80% de toda a produção, foi proveniente de plantios comerciais de eucalipto. Ainda no mesmo ano, a eucaliptocultura foi responsável por gerar um valor de produção de R\$ 2,1 bilhões em relação à madeira em toras, destinada a diversas finalidades (IBGE, 2016).

Além dos produtos convencionais obtidos a partir da madeira e de subprodutos, o eucalipto pode contribuir ainda para a recuperação do solo em áreas anteriormente fragmentadas por atividades agrícolas, gerando condições favoráveis a regeneração da vegetação nativa e reestabelecimento da fauna, podendo ser empregado na composição de Reservas Legais (RL) e em outras áreas de preservação, a fim de atender critérios estabelecidos no Novo Código Florestal (GALINARI e SANTOS, 2014).

O consórcio com outras espécies também é possível, podendo ser utilizado tanto por grandes produtores, como elemento integrante do sistema lavoura, pecuária e floresta (ILPF), como pelo produtor familiar em sistemas agroflorestais. Neste último caso, o eucalipto atua na

diversificação da renda da propriedade, garantindo a fixação do homem no campo. Além disso, os projetos de fomento florestal podem ser uma garantia de negócio para investidores que cultivam o eucalipto e, vê na atividade, perspectivas futuras de retorno econômico (CIB, 2008).

2.2 Nitrogênio e seus efeitos na cultura do eucalipto

O nitrogênio é um elemento químico essencial a todos os organismos vivos, por fazer parte da constituição de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos e da molécula de ATP (ROSA et al., 2003). Na natureza, o N pode ser encontrado na atmosfera e na litosfera terrestre – fixados inicialmente por meio de processos físicos, mineralização da matéria orgânica (M.O.) e fixação biológica (PAUL e CLARK, 1996; HUNGRIA et al., 2007; TAIZ et al., 2017).

Em ecossistemas florestais, a serrapilheira depositada na superfície se constitui como a principal fonte de N-orgânico na fração sólida do solo (CUNHA NETO, 2013). Após deposição e incorporação, o N-orgânico é convertido em substâncias inorgânicas simples, como nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (URQUIAGA e ZAPATA, 2000; BUCHANAN et al., 2005), podendo ser, em seguida, absorvido pelas raízes e assimilado imediatamente a aminoácidos, ou translocados para a parte aérea por meio do xilema, sendo incorporados ao cloroplasto para a formação de compostos complexos, ou armazenados no vacúolo para posterior utilização (KING et al., 1993; CRAWFORD, 1995).

Uma vez na planta, o N pode exercer funções essenciais para o metabolismo vegetal. Está envolvido na síntese e estrutura da molécula de clorofila, por apresentar quatro átomos constituintes do anel de porfirina, unidos a um átomo central de Mg^{2+} por duas ligações coordenadas e duas ligações covalentes (HELDT e PIECHULLA, 2010), estando dessa forma associado com a intensidade de verde da folha e com a produção de fotoassimilados (BORRMANN, 2009). Alguns estudos têm demonstrado que o aumento da concentração de N na planta pode influenciar diretamente no conteúdo de clorofila presente na matéria fresca da folha (PÔRTO, 2011).

Segundo Gazola (2014), o N é o macronutriente extraído em maior quantidade do solo em plantios de eucalipto, principalmente durante o crescimento inicial das mudas até o fechamento da copa, devido à alta demanda por nutrientes nesta fase, decorrente da intensa

atividade fisiológica das plantas, o que favorece respostas positivas à suplementação nitrogenada.

Alguns autores têm demonstrado o efeito do N sobre diferentes espécies de eucalipto, como *E. urophylla* (JESUS et al., 2012), *E. urograndis* (CAMARGO, 2013), *E. camaldulensis*, *E. pellita*, *E. grandis* e *E. cloeziana* (GRESPLAN et al., 1998). Assis et al. (2018), avaliando o efeito de diferentes doses de N na produção e qualidade da madeira de um híbrido comercial de *E. grandis* x *E. urophylla* com 6 anos de idade, constataram aumento significativo no crescimento e na massa seca das plantas até a dose de 245,72 kg de N ha⁻¹. Gazola (2014), por outro lado, observou que o aumento dos níveis de N influenciou de forma quadrática o volume total de madeira com casca de *E. urograndis* aos 18, 21 e 24 meses de idade, havendo redução deste parâmetro para a máxima dose aplicada, de 140 kg de N ha⁻¹.

Em contrapartida, baixas concentrações de N na solução do solo podem afetar negativamente a cultura, ocasionando desordem nutricional e interferência no metabolismo. As primeiras alterações se manifestam nas folhas, devido à mudança da cor para verde-claro, seguido de amarelecimento do limbo foliar. Os sintomas avançados da deficiência nutricional são a inibição das brotações e queda das folhas, seguida da morte do vegetal (SILVEIRA et al., 2002).

2.3 Clorofilas: características gerais, relação com a fotossíntese e métodos para quantificação

A clorofila é o pigmento cloroplástico mais abundante na natureza e apresenta papel fundamental na captação e conversão da radiação solar a energia química durante a fotossíntese – processo de fixação e transformação do carbono atmosférico na forma de compostos orgânicos nas folhas, sendo responsável por aproximadamente 95% de toda a matéria seca do vegetal (BORRMANN, 2009).

Os organismos fotossintetizantes apresentam, em sua constituição química, moléculas de clorofila a (*Chl a*), que participam da etapa fotoquímica da fotossíntese, onde as cargas negativas provenientes da água são formadas e transferidas para a cadeia transportadora de elétrons, ao passo que outros pigmentos presentes na membrana dos tilacóides auxiliam na absorção de luz e transferência da energia radiante para os centros de reação, como é o caso da clorofila b (*Chl b*), também denominada de pigmento acessório (MUSSI, 2003; TAIZ et al., 2017).

A radiação luminosa emitida pelo sol é captada pelos pigmentos em dois pontos de máxima absorbância, que compreendem as faixas do espectro de onda visível de 465 e 665 nm para a *Chl a* e 450 e 640 nm para a *Chl b*, refletindo a energia no comprimento de onda responsável pela cor verde dos vegetais (KONICA MINOLTA, 2018).

Em geral, a radiação captada é absorvida pela *Chl a*, na forma de fótons, ocasionando o aumento do nível energético dos elétrons presentes nos orbitais atômicos, que são excitados, passando a ocupar a camada eletrônica mais externa. Neste momento, a energia de excitação proveniente do átomo da molécula de *Chl a* é liberada para a síntese de ATP, que é a molécula chave no processo de redução do dióxido de carbono a fotoassimilados (ROMANO, 2001). Desse modo, o conteúdo de clorofila presente nas folhas está intimamente ligado com a eficiência fotossintética das plantas, que se evidencia no crescimento vegetativo da parte aérea, sobrevivência das mudas no campo e adaptabilidade a diferentes ambientes (RÊGO e POSSAMAI, 2004).

Por estarem associados ao N foliar, os teores de clorofila têm sido comumente utilizados para expressar o status de N da folha em várias espécies de interesse econômico, sendo necessário, para tanto, a sua extração e quantificação em laboratório ou determinações indiretas por meio de medidores portáteis. O método mais tradicional para quantificar o conteúdo de clorofila em folhas compreende as seguintes etapas: amostragem e coleta de material vegetal fresco; encaminhamento para laboratório especializado em realizar as análises; maceração das folhas na presença de solventes orgânicos como acetona, álcoois, éter e dentre outros, e posterior leitura em espectrofotômetro (RICHARDSON et al., 2002).

Outro método que tem se tornado bastante comum são as determinações indiretas por meio de clorofilômetros, como é o caso do SPAD-502, permitindo facilidade durante as operações e obtenção das leituras no local de cultivo, sem a necessidade de destruição de partes do vegetal (GIL et al., 2002). Isso ocorre porque, durante o procedimento, o aparelho detecta a diferença de atenuação da luz pelo máximo comprimento de onda absorvido pela *Chl a* e pelo comprimento de onda de 940 nm – para compensar o conteúdo de água presente no interior da folha, convertendo esta diferença em unidades SPAD, indicando a intensidade de verde da folha. Por estar intimamente ligado ao conteúdo de clorofila, o valor SPAD da folha tem sido relacionado com o teor de N foliar (SWIADER e MOORE, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi implantado em casa de vegetação, no campo agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, *campus* de Vitória da Conquista, situado sob as coordenadas 14° 53' 08" Sul e 40° 48' 02" Oeste.

O clima da região de Vitória da Conquista, segundo Classificação Climática de Köppen e Geiger, é do tipo Cwb – temperado úmido, com estações de inverno e verão bem definidas, sendo o inverno seco e o verão temperado. A temperatura média anual é de 20 °C, e a precipitação média, 712 mm, concentrada entre os meses de novembro a janeiro. Agosto é o mês mais seco do ano, com precipitação média mensal de 13 mm e temperatura média aproximada de 19 °C (CLIMATE-DATA, 2017). As informações meteorológicas referentes ao período experimental estão demonstradas na Figura 1 a seguir.

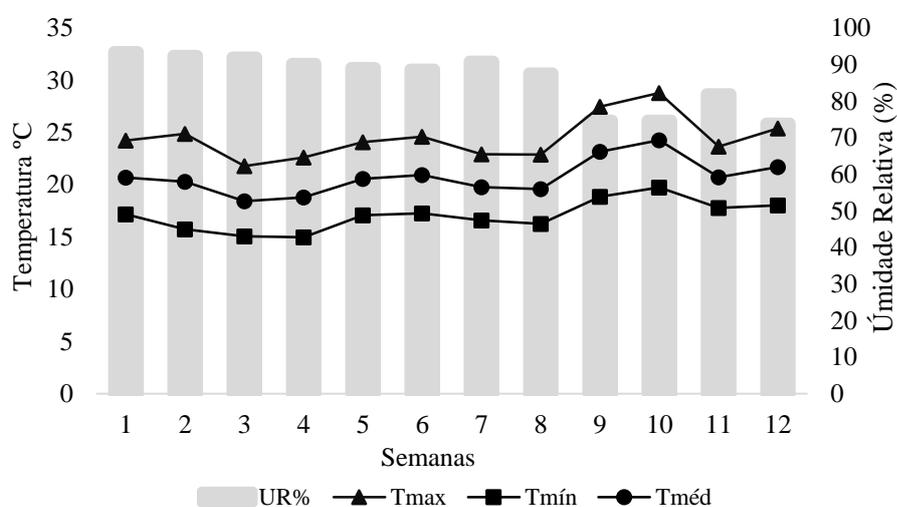


Figura 1. Temperaturas mínimas, médias e máximas semanais e umidade relativa do ar, referentes ao período experimental. UESB, Vitória da Conquista – BA. Fonte: INMET.

3.2 Coleta de solo, preparo dos vasos e adubação de plantio

Para a condução do experimento, coletou-se inicialmente 1 m³ de solo da camada subsuperficial de uma área no campo agropecuário da UESB, para compor o substrato nos vasos. Em seguida, o solo foi peneirado e homogeneizado, a fim de separar a fração grosseira

da fração mineral. Duas amostras de solo foram coletadas e analisadas em seus aspectos químicos e físicos, cujas informações estão expressas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo utilizado como substrato durante o período experimental.

| pH (H ₂ O) | P | K⁺ | Ca²⁺ | Mg²⁺ | Al³⁺ | H⁺ | S.B. | T | T | V | m | M.O. |
|-----------------------------------|---------------------|--|---|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|----------|----------|--------------------|----------|-------------|
| | mg dm ⁻³ | ----- cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | | % | g dm ⁻³ | | |
| 5,3 | 3 | 0,26 | 1,3 | 0,7 | 0,1 | 2,7 | 2,3 | 2,4 | 5,1 | 45 | 4 | 7 |
| Frações da amostra total % | | | Composição granulométrica (tfsa g kg⁻¹) | | | | | | | | | |
| Calhaus | Cascalho | Terra | Areia | Areia fina | Silte 0,05 | Argila < | Classe Textural | | | | | |
| 200 – | 20 – 2 | fina < 2 | grossa 2 – | 0,20 – 0,05 | – 0,002 | 0,002 | | | | | | |
| 20 mm | mm | mm | 0,20 mm | mm | mm | mm | | | | | | |
| 0 | 0 | 100 | 590 | 160 | 30 | 220 | Franco Argilo Arenoso | | | | | |

*S.B. = Soma de Bases; t = Capacidade de troca cátion-iônica (CTC) efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação de Bases; m = Saturação por Alumínio; M.O. = Matéria Orgânica; tfsa = terra fina seca ao ar.

Vasos plásticos de 14 L foram preenchidos com o solo, até atingir o volume máximo, sendo posteriormente uniformizados em relação à massa – aproximadamente 18,700 kg, com auxílio de uma balança digital com capacidade máxima de aferição de 45,000 kg.

A capacidade de vaso (θ_{CV}), foi determinada coletando-se três amostras indeformadas de solo previamente saturado, por meio de anéis metálicos de área conhecida, para serem pesadas e secas em estufa de circulação forçada, a 105 °C, até alcançar massa constante, aferida em balança analítica. A média da diferença entre a massa de solo úmido e seco das três amostras representou a capacidade máxima do solo em absorver água. Esta informação serviu como base para a irrigação.

Para correção da acidez do solo, elevou-se o valor de saturação de bases para 64% (ROCHA et al., 2008), aplicando-se calcário dolomítico (484,5 mg dm⁻³ de solo). A adubação consistiu em aplicar, por dm³ de solo, na ocasião do transplante, 35 mg de P₂O₅, 30 mg de K₂O; 29,40 mg de S, 2,81 mg de B, 1,33 mg de Cu, 3,12 mg de Mn e 14 mg de Zn, utilizando-se como fontes minerais o superfosfato simples, cloreto de potássio e formulado FTE BR-12, atendendo-se assim as necessidades específicas da cultura, conforme recomendações de Barros et al. (2004).

3.3 Material genético, delineamento experimental e tratamentos

Foram utilizadas mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* (clone TP 802), adquiridas com idade de 90 dias, no Viveiro Comercial Tecnoplant, localizado no município de

Eunápolis, BA. As mudas foram mantidas em casa de vegetação por 15 dias, recebendo água diariamente, até o momento do transplântio, para aclimação às condições meteorológicas da área experimental. Após esse período, as mudas foram selecionadas criteriosamente, buscando a sua padronização, levando-se em consideração o seu tamanho, diâmetro aparente do caule, número de folhas e arquitetura da parte aérea. Após a retirada dos tubetes, as mudas tiveram as suas raízes lavadas cuidadosamente até a remoção completa do substrato, a fim de evitar possíveis influências sobre os tratamentos, devido ao conteúdo de matéria orgânica ali presente. Em seguida, realizou-se o transplântio das mudas nos vasos.

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC), constituído de cinco tratamentos, representados pela testemunha (sem adubação com N) e doses de 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹, que correspondem a 0, 20, 40, 60 e 80 mg de N dm⁻³ de solo, respectivamente. Cada tratamento teve seis repetições, com uma planta por vaso, totalizando 30 parcelas. O experimento teve início com a implementação dos tratamentos, isto é, a partir da adubação com as diferentes doses de N, aos 14 dias após o transplântio, em 16/06/2018. Utilizou-se ureia como fonte de nitrogênio (45% de N), diluída em 100 mL de água destilada e aplicada por cobertura, no momento da irrigação. Durante todo o período do experimento, as mudas receberam água diariamente, considerando-se o consumo da cultura e a evaporação, mantendo-se sempre a umidade do solo a 90% da θ_{cv} .

3.4 Características avaliadas e análise estatística dos dados

Aos 75 dias após o início dos tratamentos (DAT), foram avaliadas as seguintes características, em folhas adultas e completamente expandidas:

Índice SPAD

Utilizando um clorofilômetro SPAD-512 Plus (Minolta), o índice SPAD em cada planta foi obtido a partir da média aritmética de cinco leituras realizadas na segunda folha completamente expandida, presente no terço médio da copa, a partir do limbo foliar, evitando-se as nervuras e extremidades.

Teor de clorofilas totais

O teor de clorofilas totais foi quantificado nas mesmas folhas em que se verificou o índice SPAD. Para tanto, essas folhas foram destacadas e acondicionadas em caixa de isopor fechada, contendo gelo, e conduzidas ao laboratório de Fisiologia Vegetal da UESB. Amostras de 0,0500 g das folhas foram maceradas em cadinhos de porcelana, contendo 2,0 mL de acetona a 80% (v/v), cuja mistura foi submetida a filtragem em papel, para a obtenção do extrato com as clorofilas totais. Ao final, adicionou-se acetona 80% ao extrato, em quantidade suficiente para completar 20 mL de solução. As leituras em espectrofotômetro foram feitas a 645 e 663 nm – referentes às clorofilas *Chl a* e *Chl b*, respectivamente – conforme método proposto por Arnon (1949). O teor de clorofilas totais foi obtido a partir da seguinte equação:

$$Chl\ total = 0,0202 D_{645} + 0,00802 D_{663} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde *Chl total* está expresso em g L⁻¹; e D corresponde à densidade óptica do extrato nas leituras em espectrofotômetro, para os respectivos comprimentos de onda. Esses valores foram convertidos, então, a teores de clorofilas totais nas folhas, expressos em mg g⁻¹ de matéria fresca.

Massa Seca (MS)

Após serem coletadas das plantas, as folhas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65° ± 2° C, até atingirem peso constante, o qual foi aferido com balança analítica.

Teor de N total

Após a secagem em estufa, as folhas foram trituradas em moinho tipo Willey. O teor de N total foi quantificado em amostras do material fragmentado, o qual foi submetido à digestão em ácido sulfúrico concentrado, conforme método descrito por Kjeldahl (1883), cujos resultados foram expressos em g kg⁻¹ de matéria seca.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos a análises de regressão linear e não linear, utilizando o software estatístico Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2011), a fim de testar o modelo matemático mais adequado. Para a comparação das médias, aplicou-se o teste t, considerando-se $p < 0,005$, 0,01 e 0,05. As variáveis foram correlacionadas por meio de coeficiente de determinação, utilizando o editor Excel 15.0 (Office, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Respostas das plantas à adubação nitrogenada

O teor de N total da MS foi afetado de forma significativa ($p < 0,005$) e apresentou comportamento linear em resposta às doses de N (Figura 2). Em relação ao tratamento testemunha, a adubação com N até a dose máxima de 80 mg dm^{-3} elevou em 101% o teor de N total, que variou de $8,93 \text{ g kg}^{-1}$ para $17,98 \text{ g kg}^{-1}$.

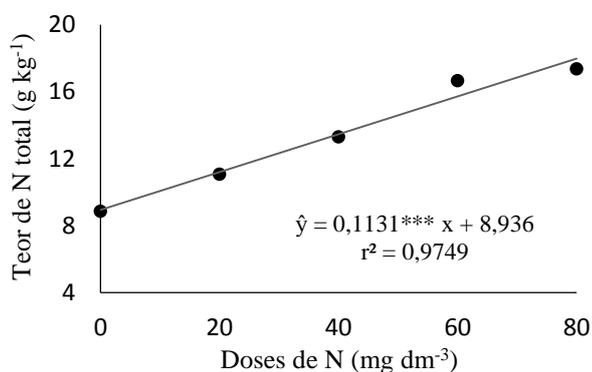


Figura 2. Teor de N total da MS em folhas de plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, aos 75 DAT, em resposta à adubação nitrogenada. ***Significativo pelo teste t ($p < 0,005$).

Diversos autores relataram o efeito da adubação nitrogenada sobre o teor de N foliar em espécies de *Eucalyptus*, como em *E. dunnii* Maiden (ROSA et al., 2007), em híbridos de *E. urophylla* x *E. globulus* (MELO, 2014) e em jardim clonal hidropônico de eucalipto (HIGASHI et al., 2002). Comportamento similar ao teor de N total observado no presente estudo já foi descrito para outras essências florestais, como o mogno (TUCCI et al., 2009); guanandi (CIRIELLO et al., 2014) e teca (FAVARE, 2010), cultivadas em vasos e submetidas a doses de N de até 160 mg dm^{-3} . Moretti et al. (2011) avaliaram o efeito da omissão de nutrientes sobre a nutrição mineral em mudas de cedro australiano e constataram que a ausência de adubação nitrogenada resultou em menor teor de N total na massa seca da parte aérea ($8,9 \text{ g kg}^{-1}$), correspondendo a cerca de 110% a menos que no tratamento com adubação com N.

No presente estudo, as doses testadas não permitiram estimar o nível crítico do teor de N total na folha. Segundo Silveira et al. (2001), o teor de N total em folhas de plantas de eucalipto com idade de 60 a 80 dias está entre 20 a 30 g kg^{-1} , o que ajuda a explicar o comportamento crescente encontrado aos 75 DAT.

O teor de clorofilas totais da folha também foi afetado pela adubação nitrogenada de forma significativa ($p < 0,05$), mas esta variável, diferentemente do teor de N total, apresentou comportamento quadrático em função das doses de N, conforme demonstrado na Figura 3.

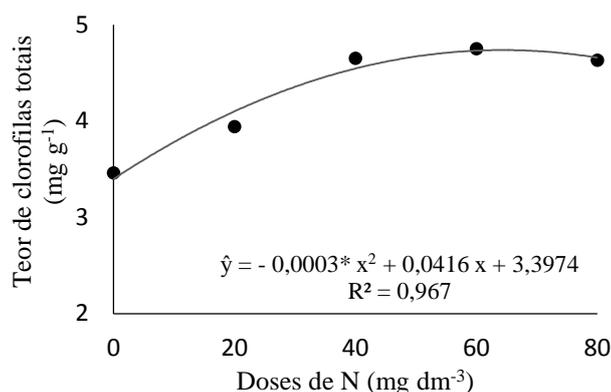


Figura 3. Teor de clorofilas totais na segunda folha completamente expandida, localizada no terço médio da copa, em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, aos 75 DAT, em resposta à adubação nitrogenada. *Significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

O aumento do teor de clorofilas totais foi influenciado até a dose de N estimada em 69,33 mg dm⁻³ (4,84 mg g⁻¹). Acima deste valor, a adubação nitrogenada afetou negativamente a variável em estudo. No tratamento testemunha, o teor de clorofilas totais foi de 3,39 mg g⁻¹, ou seja, 32% a menos que na dose de N que resultou em efeito mais positivo sobre esta variável. Para a dose máxima de N, 80 mg dm⁻³, o teor de clorofilas totais atingiu 4,80 mg g⁻¹.

Ferreira et al. (2015), em experimento avaliando o emprego de métodos alternativos para a determinação do status de N em mudas clonais de *E. urophylla* × *E. camaldulenses* (clone VM-01) e *E. urophylla* (clone I-144), verificaram que o aumento das doses de N, em solução nutritiva, resultou em aumento do teor de clorofilas totais na folha, até um certo ponto, acima do qual as variações permaneceram constantes. Segundo esses autores, o efeito da adubação nitrogenada causou um comportamento similar, tanto no teor de clorofilas totais, quanto no teor de N total na folha. No presente estudo, entretanto, a adubação nitrogenada causou comportamento linear no teor de N total, mas quadrático no teor de clorofilas totais. Essa diferença no comportamento entre as duas variáveis sugere que, a partir de determinada dose de N, o teor de clorofilas totais atinge nível satisfatório, permitindo que uma parte do

nutriente absorvido pela planta seja direcionada para atender às demandas de outras atividades fisiológicas relacionadas ao crescimento (CONSTANTINO, 2017).

O aumento da disponibilidade de N no solo, em condições adequadas, resulta em maior acúmulo deste elemento pelas plantas, proporcionando assim, até certos limites, incremento no teor de clorofilas totais na folha (FONTES e ARAÚJO, 2007). Por sua vez, a omissão de N pode causar redução de mais de 60% no teor de clorofilas totais, quando comparada com folhas de plantas sob condições ideais de cultivo (NASCIMENTO et al., 2014). Isto está relacionado ao fato de que, na ausência desse nutriente, ocorrem alterações anatômicas nos cloroplastos presentes no mesofilo foliar, como alterações na forma, redução do tamanho e número, e mudança da coloração para verde-claro, tendendo para tons amarelados (ACCORCI e HAAG, 1959).

A adubação nitrogenada alterou significativamente o índice SPAD ($p < 0,005$), cujos resultados tiveram comportamento quadrático, semelhante ao do teor de clorofilas totais, apresentando elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,98$) (Figura 4). Em relação ao tratamento testemunha, a adubação nitrogenada com doses crescentes até $58,12 \text{ mg dm}^{-3}$ (dose estimada de efeito máximo) resultou em incremento de 30% no índice SPAD, aumentando-o de 31,6 para 41,1. A dose de 80 mg dm^{-3} , entretanto, resultou em índice SPAD menor, revelando o efeito negativo de elevadas doses de N sobre esta variável.

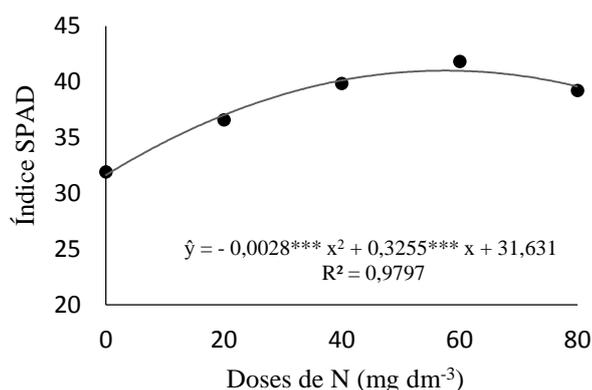


Figura 4. Índice SPAD na segunda folha completamente expandida, localizada no terço médio da copa, em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, aos 75 DAT, em resposta à adubação nitrogenada. ***Significativo pelo teste t ($p < 0,005$).

Madeira et al. (2009), avaliando a nutrição de plantações jovens de *Eucalyptus globulus* por meio de métodos não destrutivos, observaram valores estatisticamente superiores para o índice SPAD nos tratamentos com incorporação, remoção total e distribuição dos

resíduos de abate em adição à suplementação nitrogenada, em um ano e sete meses após replantio. Godoy et al. (2008), em estudo com cafeeiro fertirrigado com cinco níveis de N, encontraram comportamento linear para o índice SPAD, em resposta à adubação, considerando a dose máxima de 106,35 mg dm⁻³.

Aos 65 DAT, foram observados os primeiros sinais de deficiência de N no tratamento sem adubação nitrogenada, que se manifestaram primariamente nas folhas, que sofreram alterações da cor para verde-claro, avançando da extremidade para o centro do limbo (Figura 5B).

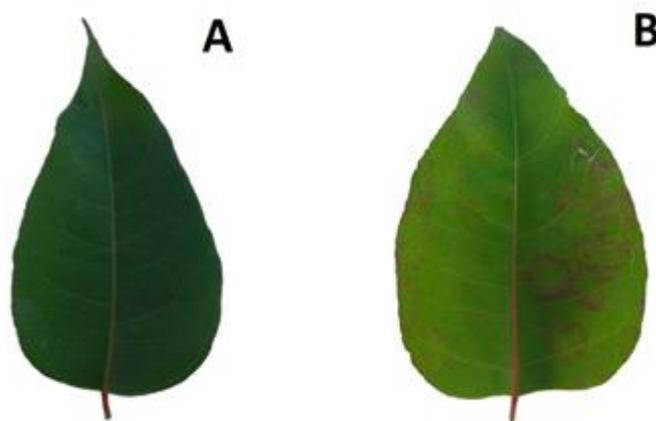


Figura 5. Características de folhas de plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, adubadas com N a 80 mg dm⁻³ (A), e no tratamento sem adubação nitrogenada (B), apresentando sintomas visuais de desordem nutricional.

4.2 Relações entre as variáveis em estudo

O teor de clorofilas totais relacionou-se de forma linear com o índice SPAD, apresentando significância ($p < 0,05$) e correlação positiva ($r^2 = 0,86$) (Figura 6). Isto indica que o emprego do medidor portátil SPAD-512 pode ser uma alternativa confiável para se estimar a concentração de clorofilas em folhas de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, em substituição ao método de quantificação direta do teor de clorofilas totais. A relação entre o teor de clorofilas totais e o índice SPAD está representada pela seguinte equação:

$$\text{Teor de clorofilas totais (mg g}^{-1}\text{)} = - 0,8683 + 0,1362 \times (\text{índice SPAD})$$

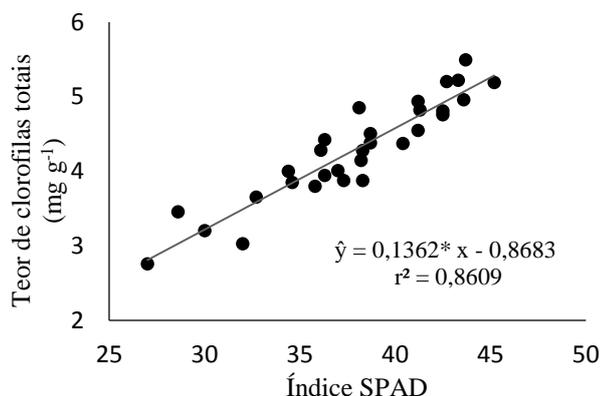


Figura 6. Relação entre o teor de clorofilas totais e o índice SPAD da segunda folha completamente expandida, localizada no terço médio da copa, em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, aos 75 DAT, em resposta à adubação nitrogenada. *Significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Em estudo com árvores tropicais da Amazônia, Salla et al. (2007) encontraram comportamento linear entre o índice SPAD e o teor de clorofilas totais, em função da amostragem em diversas folhas, para as espécies *Aniba rosaeodora* e *Swietenia macrophylla*. Em contraste com estes resultados, Silva (2014) encontrou resposta polinomial quadrática para a relação entre concentração de pigmentos fotossintéticos e índice SPAD, em *Brosimum rubescens*, *Cytherexylum myrianthum* e *Eriotheca macrophylla*.

Essa diversidade de respostas indica que a relação entre o teor de clorofilas totais e o índice SPAD pode variar entre as espécies e até mesmo dentro de uma mesma espécie, a depender das condições de cultivo. No presente trabalho, a padronização da folha para amostragem, associada à pequena variação dos dados em torno da média, indicam que a relação existente entre as variáveis ocorre apenas em função dos tratamentos.

Verificou-se também relação linear entre o teor de clorofilas totais e o teor de N total da folha ($r^2 = 0,66$) (Figura 7). Para a estimativa do teor de N total, chegou-se à seguinte equação:

$$\text{Teor de N total (g kg}^{-1}\text{)} = - 5,5593 + 4,4346 \times [\text{teor de clorofilas totais (mg g}^{-1}\text{)}]$$

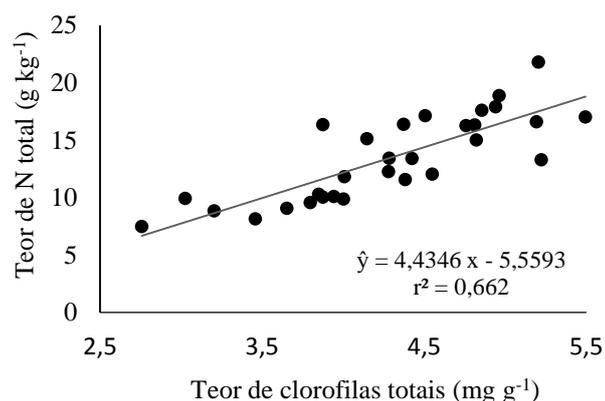


Figura 7. Relação entre o teor de N total e o teor de clorofilas totais da segunda folha completamente expandida, localizada no terço médio da copa, em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, aos 75 DAT, em resposta à adubação nitrogenada. *Significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Relação linear também foi observada entre o teor de N total da folha e o índice SPAD ($p < 0,05$), com $r^2 = 0,65$ (Figura 8). Para a determinação indireta do teor de N total com base no índice SPAD, chegou-se à seguinte equação:

$$\text{Teor de N total (g kg}^{-1}\text{)} = - 10,942 + 0,6444 \times (\text{Índice SPAD})$$

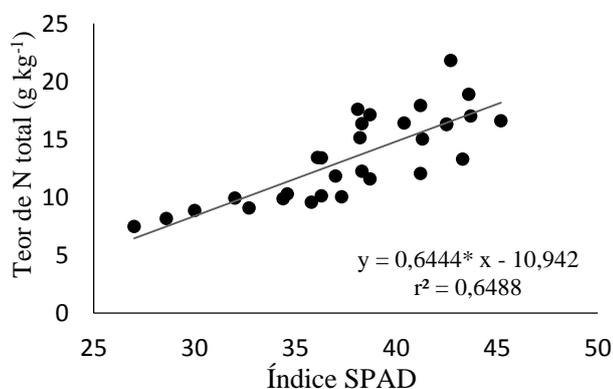


Figura 8. Relação entre o teor de N total e o índice SPAD da segunda folha completamente expandida, localizada no terço médio da copa, em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, aos 75 DAT, em resposta à adubação nitrogenada. *Significativo pelo teste t ($p < 0,05$).

Em estudos realizados com *Eucalyptus globulus*, em três épocas de amostragem, Madeira et al. (2009) encontraram relações lineares para o teor de N total e o índice SPAD, com r^2 variando de 0,51 a 0,75. Segundo esses autores, os valores de r^2 tornam-se mais elevados quando os teores de N total são expressos por unidade de área foliar (mg cm^{-2}), ao invés de unidade de massa seca (mg g^{-1}). No presente estudo, este fato pode ter sido a causa

para a obtenção dos menores coeficientes de correlação entre o teor de clorofilas totais e o teor de N total, e entre o índice SPAD e o teor de N total. Isto indica a necessidade de uma amostragem mais detalhada, a partir de um maior número de folhas por planta, a fim de aumentar a confiabilidade nas associações entre as variáveis.

5 CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla*, clone TP 802, resulta em aumentos nos teores foliares de N total e clorofilas totais, assim como no índice SPAD. Esse efeito teve comportamento linear em relação ao teor de N total, e quadrático em relação ao teor de clorofilas totais e ao índice SPAD. Em resposta à adubação nitrogenada, as relações entre as variáveis apresentaram correlação positiva e linear. A relação entre o teor de clorofilas totais e o índice SPAD, contudo, foi mais expressiva que as relações entre os teores de N total e de clorofilas totais, e entre o teor de N total e o índice SPAD.

6 REFERÊNCIAS

- ACCORSI, W. R.; HAAG, H. P. Alterações morfológicas e citológicas do cafeeiro (*Coffea arabica* L, var. *Bourbon* (B. Rodr.) Choussy) cultivado em solução nutritiva decorrentes das deficiências e excessos dos macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 16, p. 1-20, 1959.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BARTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.
- ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, M. R.; BIANCHI, M. L. Efeito da aplicação de nitrogênio na produção e qualidade da madeira e carvão vegetal de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n., p.1-8, 2018.
- ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL – APRE. **Estudo setorial APRE 2017/2018**. Curitiba, PR, 2018. 73 p.
- BARBIERI JUNIOR, E. **Características estruturais, teores de clorofila e suas relações com o nitrogênio foliar e a biomassa em capim-tifton 85**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009. 49 f.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Fertilidade de solos, nutrientes e produção florestal. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 4, p. 76-79, 2005.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Mineral fertilizer recommendations for eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. ed. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba, IPEF, 2004. p. 269-285.
- BORRMANN, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. 125 f.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville, Maryland, American Society of Plant Physiologists, 2005. 451 p.

CAMARGO, E. L. O. **Influência do nitrogênio na formação e qualidade da madeira de eucalipto**. Tese (Doutorado em Biologia Funcional Molecular) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. 121 f.

CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 4, p. 653-660, 2014.

CLIMATE-DATA. **Clima**: Vitória da Conquista. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/>> Acesso em: 03 dez. 2017.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA - CIB. **Guia do eucalipto: Oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo, 2008. 20 p.

CONSTANTINO, V. **Nutrição de mudas e morfogênese da *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. Ktze. submetida à enxertia**. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. 134 f.

CRAWFORD, N. M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v. 7, p. 859-868, 1995.

CUNHA NETO, F. V.; LELES, P. S. S.; PEREIRA, M. G.; BELLUMATH, V. G. H.; ALONSO, J. M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.

FAVARE, L. G. **Doses crescentes de nitrogênio, fósforo, potássio e diferentes níveis de saturação por bases em relação ao desenvolvimento e nutrição mineral de teca (*Tectona grandis* L. F.), sob condições de vaso**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2010. 97 f.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, E. V. O.; NOVAIS, R. F.; MÉDICE, B. M.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R. Leaf total nitrogen concentration as an indicator of nitrogen status for plantlets and young plants of Eucalyptus clones. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 39, n. 4, p. 1127-1140, 2015.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV, 2007.148p.

FREITAS JÚNIOR, G. **O eucalipto no Vale do Paraíba Paulista: Aspectos geográficos e históricos**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. 142 f.

GALINARI, G.; SANTOS, A. R. **Manejo do eucalipto auxilia a regeneração de florestas nativas**. Embrapa, Brasília, 2014. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2202824/manejo-do-eucalipto-auxilia-a-regeneracao-de-florestas-nativas>> Acesso em: 22 abr. 2018.

GAZOLA, R. N. **Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do eucalipto (clone I144 - *E. urograndis*)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de São Paulo, Ilha Solteira, 2014. 92 f.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; BÔAS, R. L. V.; LEITE JÚNIO, J. B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 217-226, 2008.

GRESPLAN, S. L.; DIAS, L. E.; NOVAIS, R. F. Crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a diferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 667-674, 1998.

HELDT, H. W.; PIECHULLA, B. **Plant Biochemistry**. London, Academic Press, 2010. 656 p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **Circular Técnica**, IPEF, Piracicaba, n. 194, p. 1-24, 2002.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório 2017**. São Paulo, 2017. 80 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro, v. 31, p. 1-54, 2016.
- JESUS, G. L.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; HENRIQUES, E. P.; LIMA, V. C.; FERNANDES, L. V.; SOARES, E. M. B. Doses e fontes de nitrogênio na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica em solo da região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 201-214, 2012.
- KING, B. J.; SIDDIQI, M. Y.; RUTH, T. J.; WARNER, R. L.; GLASS, A. D. M. Feedback regulation of nitrate influx in barley roots by nitrate, nitrite, and ammonium. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 102, p. 1279-1286, 1993.
- KJELDAHL, J. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. **Zeitschrift für Analytische Chemie**, v. 22, p. 366-382, 1883.
- KONICA MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-512 Plus**. Disponível em: <<https://www.konicaminolta.com/eu-en/>> Acesso em: 20 maio 2018.
- LONGUE JÚNIOR, D.; COLODETTE, J. L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013.
- MADEIRA, A. C.; MADEIRA, M. FABIÃO, A.; MARQUES, P.; CARNEIRO, M. Avaliação da nutrição de plantações jovens de eucalipto por análise foliar e métodos não destrutivos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 139-153, 2009.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2 ed. Viçosa, UFV, 2005. 439 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- MELO, E. A. S. C. **Nutrição e fertilização de plantações clonais de eucalipto sob diferentes condições edafoclimáticas**. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. 186 f.

- MORETTI, B. S.; FURTINI NETO, A. E.; PINTO, S. I. C.; FURTINI, I. V.; MAGALHAES, C. A. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro Australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.
- MUSSI, L. **Eficiência fotodinâmica das protoporfirinas IX de magnésio e zinco**. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003. 73 f.
- NASCIMENTO, H. H. C.; PACHECO, C. M.; LIMA, D. R. M.; SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Aspectos ecofisiológicos de mudas de *Hymenaea courbaril* L. em resposta a supressão de N, P e K. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 315-328, 2014.
- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2 ed. San Diego, Academic Press, 1996. 340 p.
- PINTO JÚNIOR, J. E.; SANTAROSA, E.; GOULART, I. C. J. R. Histórico do cultivo do eucalipto. In: SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. (Ed.). **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília, Embrapa, 2014. 138 p.
- PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 311-315, 2011.
- RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. **Avaliação dos teores de clorofila no crescimento de mudas do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*)**. Colombo-PR, Embrapa Florestas, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico 128).
- RICHARDSON, A. D.; DUGAN, S. P.; BERLYN, G. P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, Lancaster, v. 153, n. 1, p. 185-194, 2002.
- RITTER, M. Field guide to the cultivated eucalypts (Myrtaceae) and how to identify them. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Washington, v. 99, n. 4, p. 642-687, 2014.
- ROCHA, J. B. O.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; SILVA, C. A.; CURI, N. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 255-263, 2008.

ROMANO, M. R. **Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese, e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) que expressam o gene Lhcb1*2 de ervilha.** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2001. 66 f.

ROSA, L. S.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; REISSMANN, C. B. Efeito do nitrogênio no estado nutricional e na produção de biomassa em minicepas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 13, Suplemento, p. 17-22, 2007.

ROSA, R. S.; MESSIAS, R. A.; AMBROZINI, B. **Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável.** Monografia. São Carlos, Universidade de São Paulo – USP, 2003. 52 f.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 159-161, 2007.

SILVA, D. V. **Métodos não destrutivos para estimativas de clorofilas como indicadores da qualidade de mudas de espécies florestais.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2014. 62 f.

SILVA, H. D. **Árvore do conhecimento: eucalipto.** Embrapa, Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/Abertura.html>> Acesso em: 19 abr. 2018.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F. MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Informações Agronômicas**, n. 93, p. 1-32, 2001.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SWIADER, J. M.; MOORE, A. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, p. 1089-1100, 2002.

TAIZ, L.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em América Latina y el Caribe**. Porto Alegre, Gênese, 2000. 123 p.