

NICOLÁS IGNACIO STAHRINGER

**PARAMETRIZAÇÃO DE MODELOS DE PRODUTIVIDADE E DE  
BALANÇO NUTRICIONAL PARA *Pinus* E *Eucalyptus*  
EM CORRIENTES - ARGENTINA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de  
Viçosa - Campus Viçosa

T

S781p  
2017 Stahringer, Nicolás Ignacio, 1982-  
Parametrização de modelos de produtividade e de balanço  
nutricional para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina / Nicolás  
Ignacio Stahringer. - Viçosa, MG, 2017.  
xii, 153f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Júlio César Lima Neves.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Fertilidade do solo. 2. Eucalipto. 3. Pinheiro. 4. Modelos matemáticos. 5. Solos florestais - Fertilização. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22 ed. 631.422

NICOLÁS IGNACIO STAHRINGER

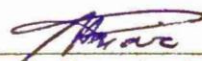
**PARAMETRIZAÇÃO DE MODELOS DE PRODUTIVIDADE E DE  
BALANÇO NUTRICIONAL PARA *PINUS* E *EUCALYPTUS*  
EM CORRIENTES - ARGENTINA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

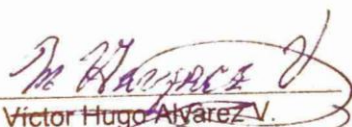
APROVADA: 30 de maio de 2017.



Hélio Garcia Leite



Haroldo Nogueira de Paiva



Víctor Hugo Álvarez  
(Coorientador)



Reynaldo Campos Santana



Júlio César Lima Neves  
(Orientador)

À minha querida Família e a todas as  
pessoas que confiaram em mim para  
a realização deste trabalho.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À minha Família, o principal suporte da minha vida, agradeço imensamente pelo permanente acompanhamento e estímulo ao longo de toda minha formação de pós-graduação longe de casa e por todo o carinho.

A minha querida María, por tantos momentos juntos e por termos superado muitas dificuldades.

Ao Prof. Júlio, pela orientação, mas principalmente pela amizade, longas conversas e pelo apoio e estímulo desde o início para fazer esta pesquisa para minha região da Argentina.

Ao Prof. Víctor Hugo Alvarez V. pelo exemplo de pessoa e professor, por tudo o que me ensino nestes anos em Viçosa. Obrigado por todos os ensinamentos muito além dos profissionais.

Ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realizar meu mestrado e doutorado nesta instituição de excelência. Agradeço muito por todos os ensinamentos passados pelo extraordinário corpo docente. Assim como a possibilidade de contar com uma excelente infraestrutura para realizar todas as análises desta pesquisa.

Ao Ministério das Relações Exteriores do Brasil pelas bolsas de estudos outorgadas durante meu mestrado e doutorado através do Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG). Somos muitos os estrangeiros que lhes estaremos sempre muito agradecidos pelo apoio.

Ao Ministerio de Producción de Corrientes e às empresas florestais Bosques del Plata, EVASA, MASISA, Pomera Maderas e Zeni pelo apoio financeiro para poder realizar esta pesquisa.

Ao Ministro de Producción de Corrientes Eng. Agr. Jorge Vara e ao Eng. Ftal. Luis María “Lucho” Mestres pelo apoio a esta pesquisa para o Setor Florestal da Argentina.

Ao Eng. Agr. Jorge Fedre pela grande ajuda brindada ao longo de toda esta pesquisa, sempre lhe estarei agradecido por todo o que fez por esta pesquisa.

Das empresas florestais gostaria de agradecer por todo o suporte brindado às pessoas que contribuíram em cada uma das fases da pesquisa, principalmente no trabalho de campo. Um especial agradecimento para Mauricio Morán e Martín Vargas (Pomera Maderas); Carlos Stefan, Paula Montenegro e Fabio Cancian (EVASA); Martín Rasines e Daniel Haberle (Zeni); Fernando Dalla Tea, Martín Spriegel e Ezequiel Rossi (MASISA) e Raúl Pezzutti, Germán Becerro e Christian Chrapek (Bosques del Plata). Assim como a cada uma das equipes de trabalho que as empresas brindaram para auxiliar no trabalho de campo.

Aos engenheiros José Luiz Texeira e Paolo Adrian Sussini pelo trabalho em equipe ao longo de todo o que foi a fase de campo. Ter amigos e parceiros como vocês foi fundamental para concretizar esta pesquisa.

Aos professores Hélio Garcia Leite e Nairam Félix de Barros por todas as contribuições feitas neste trabalho.

Aos estagiários Rodrigo Bazzarella Paulucio, Rocío Torraca Argüelles e Luis Leandro Chamorro por toda a ajuda na realização das análises de laboratório.

Aos técnicos do DPS pelo grandíssimo apoio ao longo de todo um ano de fazer análises. Em especial gostaria de agradecer a Carlos Fonseca, Carlinhos, Claudio, Poliana, Beto, Cardoso, Marcus, Rafael, Giovanni e Júlio. Foi muito importante contar com a ajuda de vocês.

Às secretarias e secretário do DPS e do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Sonia, Luciana, Claudinha, Rosemeire, Ana Carolina, Carina e Nayan pelo excelente trabalho e dedicação.

Às seguintes instituições da Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Facultad de Ciencia Agrarias – Universidad Nacional del Nordeste (FCA – UNNE) e Servicio Meteorológico Nacional (SMN), por ter contribuído com valiosas informações e disponibilizando sua infraestrutura para a realização de parte desta pesquisa. Um agradecimento especial para a Dra. Sara Vasquez, o Dr. Humberto Dalurzo e os técnicos Stella Contreras e Horacio da FCA – UNNE, assim como à Dra. Carolina Fernandez Lopéz, ao Lic. Raúl Ariel Barrios, ao Eng. Agr. Hector Daniel Ligier e ao Dr. Ditmar Kurtz do INTA.

A meu irmão colombiano Cesar pela ótima convivência e longas conversas.

Aos amigos do DPS, em especial à Silmara, Wedisson, Bárbara, Cristiano, Nathália, Fernandinha, Hugo, Nicolò e Martin a todos pelo companheirismo e amizade que ficarão para sempre.

A José Luiz e Soeli por ser minha família adotiva e termos compartilhado tantos momentos inesquecíveis que me fizeram sentir em casa.

A meus amigos da Argentina que sempre me incentivaram e me deram forças para continuar me capacitando ao longo destes anos.

A todos os amigos que conheci no Brasil, brasileiros e do mundo todo, pelos belos momentos que compartilhamos e jamais esquecerei.

Um grandíssimo agradecimento ao Brasil pela oportunidade que me deu de crescer profissionalmente, conhecer muitas excelentes pessoas em âmbitos diferentes e por ter me acolhido tão bem. Simplesmente muitíssimo obrigado!!!

## **BIOGRAFIA**

NICOLÁS IGNACIO STAHRINGER, filho de María del Carmen Josefa Villanueva e Rodolfo Carlos Stahringer, nasceu em 24 de dezembro de 1982, em Buenos Aires, Argentina.

Em agosto de 2009, graduou-se em Agronomia pela Facultad de Ciencias Agrarias da Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina.

Em fevereiro de 2011, iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Professor Víctor Hugo Alvarez V, finalizando com a defesa da dissertação em março de 2013.

Em abril de 2013, iniciou o doutorado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Professor Júlio César Lima Neves, finalizando com a defesa da tese em maio de 2017.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1.0 INTRODUÇÃO .....	1
2.0 OBJETIVOS .....	6
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS .....	8
3.1 Localização, superfície e altitudes da área de estudo .....	8
3.2 Caracterização do clima e dos regimes térmico e hídrico dos solos de Corrientes - Argentina .....	9
3.3 Levantamento de dados climáticos da região em estudo .....	11
3.4 Distribuição espacial dos sítios de amostragem de <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes e especificação das espécies amostradas .....	13
3.4.1 <i>Pinus</i> .....	15
3.4.2 <i>Eucalyptus</i> .....	18
3.5 Cubagem das árvores-amostra, amostragem e preparo das amostras de tecidos vegetais .....	21
3.6 Amostragem de solos .....	25
3.6.1 Amostragem destinada à análise química para fertilidade do solo .....	25
3.6.2 Amostragem para obtenção das taxas de recuperação pelos extratores .....	26
3.6.3 Amostragem para determinar densidade do solo .....	26
3.7 Análises e determinações .....	27
3.7.1 Análises de tecidos vegetais .....	27
3.7.2 Determinação da Área Foliar Específica (AFE) .....	28
3.7.3 Análises de solo .....	28
3.8 Parametrização do modelo 3-PG para <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes - Argentina .....	29
3.9 Calibração e avaliação da eficiência do 3-PG para <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes - Argentina .....	33

3.10	Modelagem da distribuição de diâmetros de povoamentos de <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes - Argentina .....	35
3.11	Acoplamento do modelo de distribuição diamétrica com o 3-PG.....	38
3.12	Parametrização dos modelos de balanço nutricional para <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes - Argentina .....	40
3.12.1	Módulos requerimento.....	40
3.12.2	Módulo suprimento .....	45
3.13	Obtenção das normas para a parametrização dos modelos de diagnose nutricional para <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes - Argentina....	50
3.14	Avaliação da universalidade das normas .....	51
3.15	Faixas de suficiência de teores foliares pelo método Kenworthy .....	51
3.16	Faixas de suficiência para os índices DRIS .....	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
4.1	Parametrização e calibração do modelo 3-PG para <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes - Argentina .....	55
4.2	Desempenho das parametrizações obtidas neste trabalho.....	64
4.3	Acoplamento do modelo de distribuição diamétrica com o 3-PG (exemplo).....	70
4.4	Parametrização dos modelos de balanço nutricional para <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes – Argentina.....	75
4.4.1	Módulo Requerimento .....	75
4.4.1.1	Exemplo de aplicação do módulo requerimento.....	97
4.4.2	Módulo Suprimento .....	98
4.5	Normas e avaliação da universalidade das mesmas, para uso em modelos de diagnose nutricional para <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes – Argentina .....	101
4.6	Diagnósticos nutricionais de povoamentos florestais de <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> em Corrientes – Argentina.....	118
5	CONCLUSÕES.....	123

6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
	APÊNDICE A.....	131
	APÊNDICE B.....	133
	APÊNDICE C.....	138

## RESUMO

STHRINGER, Nicolás Ignacio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2017. **Parametrização de modelos de produtividade e de balanço nutricional para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina.** Orientador: Júlio César Lima Neves. Coorientadores: Víctor Hugo Alvarez V. e Nairam Félix de Barros.

Na Argentina existem aproximadamente 1 200 000 ha plantados com espécies florestais de rápido crescimento, entre as quais destacam-se as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Corrientes é a província que possui a maior superfície de florestas equiâneas no País com 473 983 ha, sendo aproximadamente 70 % *Pinus* e 30 % *Eucalyptus*. Na província existe carência de pesquisas em nutrição florestal e um crescente aumento da superfície com florestas equiâneas, principalmente sobre solos de baixa fertilidade. Considera-se que a escassez de conhecimentos na área pode afetar a sustentabilidade da produção florestal. Os objetivos deste trabalho, todos para povoamentos de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina, foram: a) parametrizar e calibrar o modelo ecofisiológico 3-PG, b) avaliar o desempenho das parametrizações do 3-PG, c) desenvolver uma lógica que permita acoplar o manejo com desbastes ao 3-PG para estimar a distribuição diamétrica por ocasião de cada desbaste, d) ajustar equações de produção de biomassa e conteúdos de nutrientes, em função do diâmetro a 1,30 m de altura (*dap*), para calibrar modelos de balanço nutricional, e) obter as taxas de recuperação pelos extratores ( $TR_{ext}$ ) para solos de Corrientes e f) gerar normas Kenworthy (KW) e DRIS, e suas respectivas faixas de suficiência. A fase de campo do trabalho foi feita em Corrientes durante 35 d ininterruptos. Nesta etapa foram abatidos e cubados 93 árvores e se amostrou a parte aérea e serrapilheira de: *Eucalyptus grandis* (seminal e clonal), *Pinus taeda* e o Pino híbrido (*Pinus elliotii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) em diferentes sítios florestais distribuídos em cinco empresas de referência localizadas em diferentes regiões da província. Em cada região, amostraram-se árvores de uma ou mais espécies, seguindo uma cronosequência e considerando três classes

diamétricas (superior, média e inferior). Também se amostrou o solo de cada sítio florestal até 1 m de profundidade. Foram analisados macro e micronutrientes nas amostras de folhas, galhos, lenho, casca e serrapilheira; e determinada área foliar específica. Foi feita análise de rotina completa e análises físicas nas amostras de solo. Ajustaram-se equações alométricas para as respectivas parametrizações do 3-PG. Estimaram-se os parâmetros  $\beta$  e  $\gamma$  da função Weibull, a partir do diâmetro quadrático médio e dos diâmetros mínimo e máximo. Esta função foi usada no modelo de distribuição diamétrica (MDD) acoplado ao 3-PG. Equações de produção de biomassa e conteúdos de nutrientes em função do *dap*, junto com dados de alocação de nutrientes nas raízes e taxas de recuperação pela planta permitiram estimar o requerimento nutricional. Visando estimar o suprimento pelo solo, obtiveram-se  $TR_{ext}$  de P, K, Ca e Mg usando diversos extratores e solos de Corrientes. Foram geradas normas KW e DRIS, a partir dos teores de populações de referência, para avaliar o grau de balanço e equilíbrio nutricional dos plantios florestais. As quatro parametrizações do 3-PG forneceram boas estimativas de variáveis do crescimento, e, quando comparadas com outras, tiveram maior acurácia que algumas existentes para *E. grandis* (clonal) e *P. taeda*. Foi possível estimar a distribuição diamétrica por ocasião de cada desbaste a partir do MDD e determinar quantas árvores de cada classe diamétrica seriam desbastadas. Com as árvores remanescentes, e, estimando variáveis de entrada, é possível rodar o 3-PG em sucessivos períodos da rotação. Observou-se que simplesmente com o *dap* foi possível ajustar modelos que geraram boas estimativas de biomassa e conteúdos de nutrientes. Recomenda-se usar as equações ajustadas especificamente para cada espécie/híbrido para calcular a demanda nutricional. Em relação às normas KW e DRIS, assim como suas faixas de suficiência, também foi demonstrado que devem ser usadas as específicas para cada espécie/híbrido.

## ABSTRACT

STAHNINGER, Nicolás Ignacio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2017. **Parameterization of productivity and nutritional balance models for *Pinus* and *Eucalyptus* in Corrientes – Argentina.** Adviser: Júlio César Lima Neves. Co-advisers: Víctor Hugo Alvarez V. and Nairam Félix de Barros.

Argentina has approximately 1 200 000 ha planted with fast-growing forest species, among which *Pinus* and *Eucalyptus* genera stand out. With 473 983 ha Corrientes is the province that holds the largest area of this type of forests in the country, with approximately 70% *Pinus* and 30% *Eucalyptus*. There is a lack of research concerning forest nutrition in this province, and at the same time the area with planted forest is growing, mainly on low fertility soils. The lack of knowledge concerning this aspect may affect forest production sustainability. The aims of this research, for *Pinus* and *Eucalyptus* in Corrientes – Argentina, were: a) parameterize and calibrate the 3-PG ecophysiological model, b) evaluate the performance of 3-PG parameterizations, c) develop a logic that will allow to integrate thinning in to 3-PG looking forward to estimate diameter distribution at each thinning age, d) adjust biomass production and nutrient content equations, as functions of diameter at breast height (dbh) in order to calibrate nutritional balance models, e) obtain recovery rates for chemical extractors ( $RR_{ext}$ ) for soils of Corrientes, f) generate Kenworthy (KW) and DRIS standards, and their sufficient ranges. Field work was done in Corrientes during 35 continuous days. In this stage 93 trees were cubed and above ground and litter sampling was done in: *Eucalyptus grandis* (both seminal and clonal), *Pinus taeda* and a hybrid pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) in different forest sites distributed in five companies located in different regions of the province. In each region, trees of one or more species were sampled, following chronosequences and considering three diametric classes (upper, middle and lower). Soil was sampled up to 1 m of depth at each forest site. Macro and micronutrients were quantified in leaf, branch, wood, bark and litter samples; and specific leaf area was determined. Complete routine and

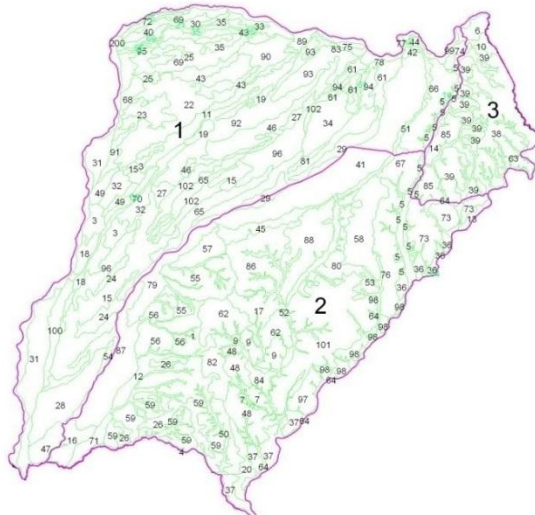
physical soil analyzes were made. Allometric equations were adjusted for 3-PG parametrizations.  $\beta$  and  $\gamma$  parameters of Weibull function were estimated considering quadratic mean diameter as well as minimum and maximum diameters. This function was used in the diametric distribution model (DDM) coupled to the 3-PG. Biomass production and nutrient content equations as functions of dbh, together with nutrient allocation to root data and plant recovery rates allowed us to estimate nutrient requirements. In order to estimate soil supply,  $RR_{ext}$  of P, K, Ca and Mg were obtained using several chemical extractors and soils of Corrientes. KW and DRIS standards were generated from reference population contents, to evaluate nutritional balance and equilibrium of forest plantations. The four 3-PG parameterizations provided good estimates of growth variables and, when compared with others, were more accurate than existing ones for *E. grandis* (clonal) and *P. taeda*. Diameter distribution was estimated at each thinning age using the DDM, and this allowed to determine how many trees per diametric class should be removed at each thinning age. With the remaining trees, and estimating input variables, it was possible to run 3-PG model for successive periods within the forest rotation. Simply using dbh it was possible to adjust models that generated good estimates of biomass and nutrient contents. It is recommended to use equations adjusted specifically for each species / hybrid to calculate nutrient demand. In relation to KW and DRIS standards, as well as their sufficient ranges, it has also been demonstrated that the specific standards and sufficient ranges for each species / hybrid should be used.

## 1.0 INTRODUÇÃO

Na Argentina, segundo dados do *Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria* existem aproximadamente 1 200 000 ha com espécies florestais de rápido crescimento, entre as quais destacam-se as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (SENASA, 2014). A área florestada anualmente, desde 1997, tem crescido, em grande parte apoiado pela chegada de novos investidores no setor (principalmente do Chile) devido ao impulso dado pela Lei 25.080 (Braier, 2004). Atualmente o setor florestal está crescendo rapidamente devido à alta demanda de madeira para uso em serarrias e para a produção de celulose.

A Província de Corrientes, situada no nordeste do país, vem mostrando um claro incentivo ao desenvolvimento do setor florestal nos últimos anos. Demonstrações evidentes disso são: a elaboração do Primeiro Inventário Florestal realizado nessa província (Elizondo, 2009), a publicação do documento intitulado “*Plan estratégico foresto-industrial de la Provincia de Corrientes 2013*” (Marengo, 2013), e mais recentemente a Atualização do Inventario Florestal da Provincia de Corrientes (Elizondo, 2015). A informação mais atual cita que Corrientes possui uma superfície de florestas plantadas de 473 983 ha, das quais aproximadamente 70 % correspondem ao gênero *Pinus* e 30 % ao gênero *Eucalyptus* (Elizondo, 2015). Assim, esta província concentra cerca de 40 % da superfície com florestas equiâneas do país. Segundo o mesmo autor, no período 1998 - 2008 apresentou uma taxa de implantação média anual de 20 048 ha/ano. A partir do ano 2009 passou a ser a província com maior superfície de florestas plantadas do país superando inclusive à Província de Misiones que tradicionalmente ocupava esse lugar (Marengo, 2013).

No Primeiro Inventário Florestal da Província de Corrientes (Elizondo, 2009) foi realizada uma macro divisão dos solos da província (Figura 1) com base na diferença de produtividade dos mesmos. Os solos mais produtivos para culturas florestais correspondem à região 3 (nordeste), na sequência tem-se os da região 1 (centro-oeste e sudoeste) e os solos que apresentam menores taxas de crescimento correspondem à região 2 (sudeste).



**Figura 1.** Divisão dos solos da Província de Corrientes com base na produtividade de *Pinus* e *Eucalyptus*.  
**Fonte:** Elizondo, 2009.

O cenário atual indica que na Argentina, não existem muitas pesquisas em nutrição florestal e um crescente aumento da superfície com florestas plantadas, principalmente sobre solos de baixa fertilidade. Por sua vez, observa-se que poucas vezes são implementadas práticas de adubação e, ou, calagem, visando melhorar as condições de crescimento dos plantios florestais em Corrientes.

A obtenção de elevadas produtividades em povoamentos equiâneos, com sustentabilidade, é dependente de um adequado manejo nutricional entre outros fatores. Este tipo de manejo envolve o fornecimento de nutrientes minerais por intermédio da fertilização, nas situações em que o suprimento de nutrientes pelo solo não atende à demanda nutricional prevista para alcançar a meta de produtividade florestal.

A produtividade florestal pode ser definida com base no conhecimento do sítio florestal e com o auxílio de modelos de crescimento e produção. Entretanto, também é possível estimar a produtividade florestal por meio de modelos baseados em processos como o 3-PG, cuja sigla vem do inglês *Physiological Principles in Predicting Growth*. Este é um modelo ecofisiológico que leva em consideração a eficiência de uso da radiação solar e água, e a partição de carbono, permitindo estimar a produtividade

dos povoamentos, com base em processos fisiológicos, utilizados em modelos de balanço de carbono (Landsberg e Waring, 1997)<sup>a</sup>.

O 3-PG calcula a quantidade de C total fixado (Produção Primária Bruta, ou PPB) a partir da Radiação Fotossinteticamente Ativa Utilizável (RFAU<sup>b</sup>) e da eficiência quântica do dossel. Segundo Landsberg e Waring (1997), existe uma relação, relativamente constante para árvores, entre a Produção Primária Líquida (PPL) e a PPB ( $PPL/PPB = 0,45 \pm 0,05$ ). Assim, não é necessário calcular a respiração para chegar ao valor final de PPL, sendo esta obtida diretamente a partir da PPB. Por sua vez, o modelo utiliza uma relação simples para estabelecer a quantidade de C alocado nas raízes. Esta relação considera o nível de fertilidade do solo e o aspecto hídrico do mesmo, sendo que quanto maior a limitação nutricional e, ou, hídrica, maior é a alocação de C para as raízes. Para a alocação de C nas folhas e *stem* (tronco + galhos) utilizam-se relações alométricas. Além disso, o 3-PG leva em consideração o decréscimo na taxa de crescimento com a idade por meio de fatores fisiológicos associados à diminuição do ritmo de crescimento com a idade e tem um módulo que considera a mortalidade.

Corretamente parametrizado, este modelo ecofisiológico vem mostrando ser uma ferramenta prática e que apresenta um bom desempenho para prever crescimento de florestas em vários países do mundo onde é utilizado. Cabe destacar que, até o presente, não existiam publicações que registrem parametrização alguma do 3-PG para as espécies florestais cultivadas na Argentina.

Por outro lado, pesquisadores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, vem trabalhando no desenvolvimento de

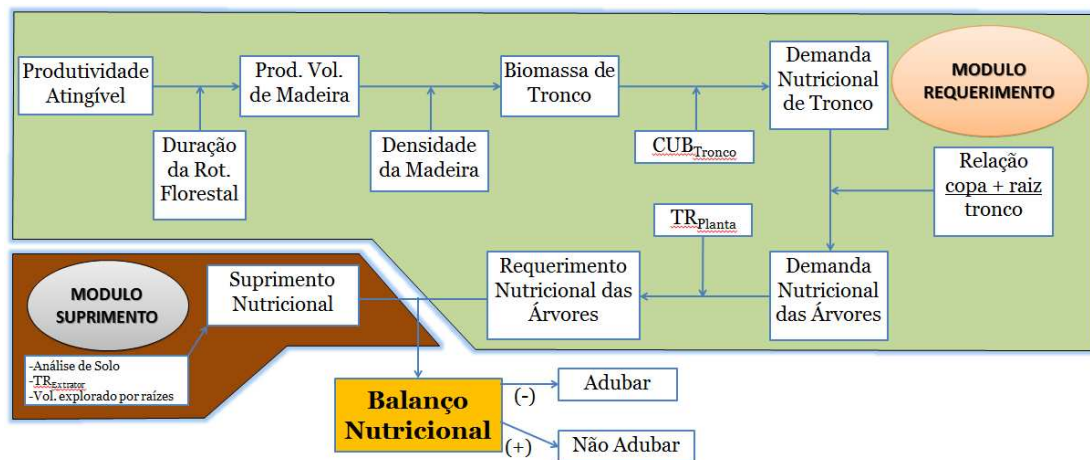
---

<sup>a</sup> O 3-PG foi desenvolvido pelos pesquisadores J.J. Landsberg (CSIRO Centre for Environmental Mechanics, Australia) e R.H. Waring (Oregon State University, USA). Até maio de 2017 encontram-se 139 publicações no site [www.scopus.com](http://www.scopus.com) ao colocar as palavras chaves: 3-PG model + forest + Landsberg.

<sup>b</sup> A RFAU é obtida ao corrigir a Radiação Fotossinteticamente Ativa absorvida pelo dossel da floresta (RFA, que é 50 % da radiação solar) pelos efeitos do maior ou menor conteúdo de água no solo (balanço de água no solo), o déficit de pressão de vapor (DPV) e a idade do plantio. Basicamente essa “correção”, ou redução, da RFA pelos efeitos mencionados anteriormente se faz por meio de fatores adimensionais cujos valores variam entre zero (condições de alta limitação) e um (condições sem limitação). Estes fatores adimensionais ou fatores modificadores refletem as limitações à absorção/utilização total da RFA. As limitações se devem ao fechamento parcial dos estômatos das folhas devidos a: elevados DPV, baixos conteúdos de água no solo (definidos pela relação entre a quantidade de água na zona radical comparada com a máxima quantidade de água que poderia existir nessa zona) ou os efeitos de temperaturas abaixo de 0 °C.

modelos baseados no balanço nutricional, estabelecido entre a demanda de nutrientes da cultura e o suprimento nutricional pelo solo e restos culturais (Novais et al., 2007). Estes modelos permitem chegar a recomendações de fertilizantes baseadas na modelagem do balanço nutricional, possibilitando uma utilização mais ampla e uma evolução mais segura do processo de recomendação, que leva a um distanciamento cada vez maior do modelo regional e uma aproximação do modelo universal (Novais e Smyth, 1999).

Uma das lógicas destes modelos, aplicado para culturas florestais, encontra-se resumida no fluxograma da figura 2.



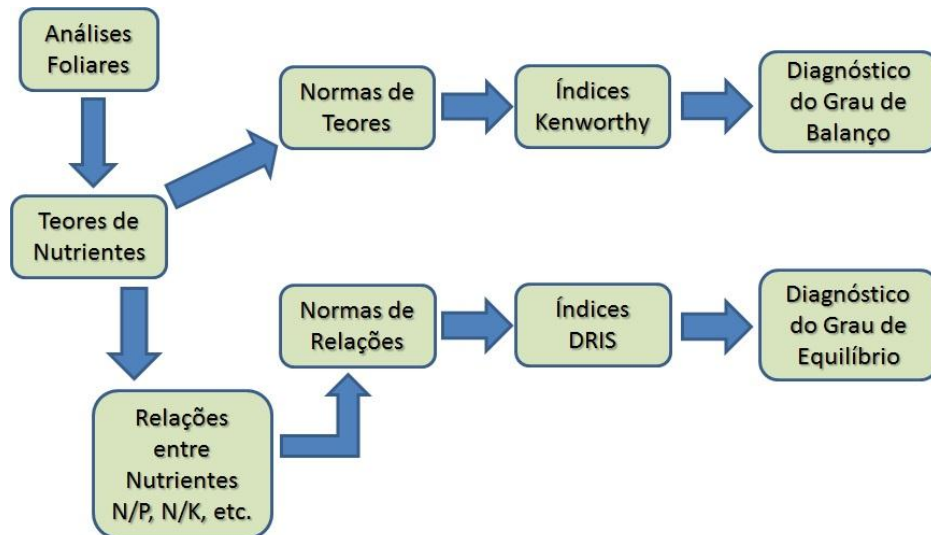
**Figura 2.** Modelo de balanço nutricional para culturas florestais considerando o módulo requerimento (planta) e o módulo suprimento (solo).

**Fonte:** adaptado de Stahringer et al. (2014).

Atualmente, os modelos de balanço nutricional vêm sendo utilizados amplamente no Setor Florestal do Brasil, principalmente para *Eucalyptus*, tendo sido parametrizados também para *Pinus taeda* e *Tectona grandis*. O fato de que esta abordagem seja tão reconhecida deve-se a que há um grande embasamento científico por trás das recomendações obtidas com o uso destes modelos e aos resultados obtidos com o uso deles em conjunto com os modelos de diagnose nutricional. Vale ressaltar que, estes modelos têm contribuído significativamente para aumentar a produtividade média de eucalipto no Brasil (aos sete anos) de 15 para 40 m<sup>3</sup>/ha/ano nos últimos 30 anos.

Os modelos de monitoramento, ou diagnose, do estado nutricional da cultura, por meio da análise foliar, são uma ferramenta útil que pode ser usada de maneira complementar aos dois modelos descritos até o

momento. Esses modelos levam em consideração tanto o balanço (Índices Kenworthy) quanto o equilíbrio (Índices DRIS) entre os teores de nutrientes nas folhas (Figura 3), permitindo realizar um monitoramento do estado nutricional das culturas ao longo da rotação.



**Figura 3.** Fluxograma dos sistemas de monitoramento do estado nutricional de culturas florestais por meio da análise foliar.

A calibração dos modelos de diagnose nutricional consiste em gerar normas de teores de nutrientes para os Índices Kenworthy e normas de relações duais dos teores de nutrientes para os Índices DRIS. As normas são geradas com base em teores foliares de talhões florestais de referência. Gerar estas normas, permite ter uma ferramenta para monitorar o estado nutricional das florestas, sendo que esta valiosa informação pode ser usada como complemento às análises de solo para auxiliar na recomendação de fertilizantes. Este enfoque permite realizar recomendações com um embasamento mais completo devido a que não só se considera a quantidade de nutrientes que pode suprir o solo, senão também o estado nutricional das florestas de um ano para outro. Esta abordagem contribui para fazer um uso mais racional dos recursos e ter maior certeza na resposta das culturas a possíveis adubações.

Um aspecto central que deve ser destacado refere-se à sustentabilidade da produção florestal, a qual depende de um adequado

balanço entre a demanda e o suprimento dos recursos água e nutrientes. Qualquer sistema de manejo que não leve em consideração a reposição dos nutrientes exportados do ecossistema é insustentável no tempo. Sendo que, o tempo, ou as rotações, que leve a visualizar essa insustentabilidade, refletida no declínio da produtividade entre rotações sucessivas, depende em grande medida da fertilidade natural dos solos e da quantidade de resíduos da colheita que fique no campo.

Como foi mencionado, não é usual realizar adubações nos povoamentos florestais de Corrientes, não havendo reposição dos nutrientes exportados. Além disso, em alguns casos se faz queima dos resíduos da colheita florestal, ou se retira os resíduos para usá-los na geração de energia. Assim, considera-se que é de grande relevância estimular pesquisas na área de solos e nutrição florestal em Corrientes, e de maneira geral na Argentina, para enxergar até que ponto pode estar sendo afetada negativamente a sustentabilidade da produção florestal nessa província e no País.

Com base em todo o que foi descrito até aqui, acredita-se que o ajuste dos modelos supracitados, mediante sua parametrização considerando as características de solo e dos povoamentos florestais de Corrientes, seja de grande valor, utilidade, e oportunidade para o desenvolvimento e a sustentabilidade do setor de florestas plantadas nessa província e conseqüentemente na Argentina.

Este cenário, e a boa predisposição das partes envolvidas neste projeto, levou a realizar esta pesquisa financiada pelo *Ministério de la Producción de Corrientes* e cinco empresas florestais localizadas nessa província, junto com o apoio do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, do INTA (*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária*; instituição equivalente à Embrapa na Argentina), da *Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Nordeste* e do *Servicio Meteorológico Nacional*.

## **2.0 OBJETIVOS**

- Parametrizar e calibrar o modelo ecofisiológico 3-PG para as condições dos plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina;
- Avaliar o desempenho das parametrizações do modelo 3-PG para plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina;
- Desenvolver uma lógica que permita acoplar o manejo com desbastes, realizado nos plantios florestais de Corrientes – Argentina, ao modelo ecofisiológico 3-PG, de maneira a estimar a distribuição diamétrica esperada ao momento de realizar cada desbaste;
- Ajustar as equações de produção de biomassa e conteúdos de nutrientes, em função do *dap*, para calibrar os módulos requerimento dos modelos de balanço nutricional para as condições dos plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina;
- Obter as taxas de recuperação pelos extratores para solos de Corrientes – Argentina, visando parametrizar o módulo suprimento dos modelos de balanço nutricional;
- Gerar as normas Kenworthy e DRIS, e suas respectivas faixas de suficiência, para plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina, visando desenvolver a utilização da análise foliar para diagnóstico nutricional e como complemento à análise de solos na recomendação de fertilizantes.

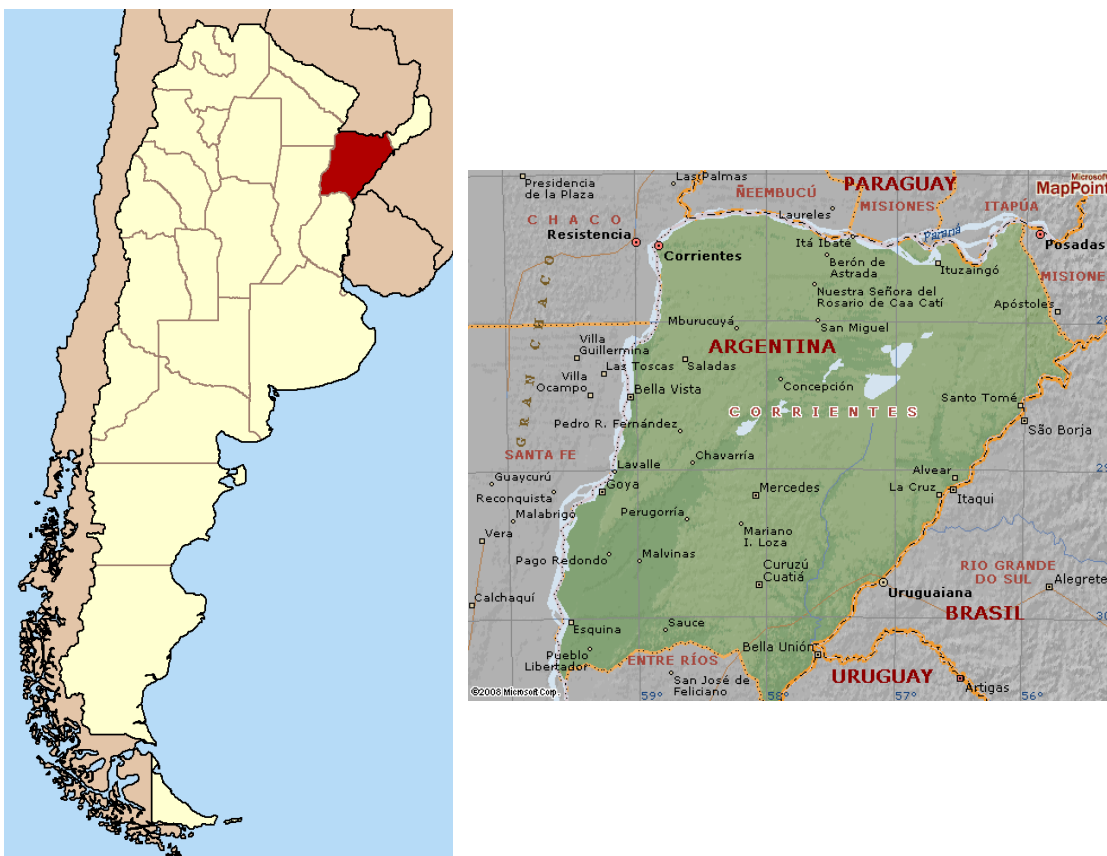
### 3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização, superfície e altitudes da área de estudo

Corrientes é uma província do nordeste da Argentina. Limita ao norte com Paraguai, ao leste com Uruguai, Brasil e a Província de Misiones, ao sul com a Prov. de Entre Rios e ao oeste com as Províncias de Santa Fe e Chaco (Figura 4). Os limites de latitude e longitude de Corrientes são:

- Norte: 27° 18' S
- Sul: 30° 42' S
- Leste: 55° 42' W
- Oeste: 59° 39' W

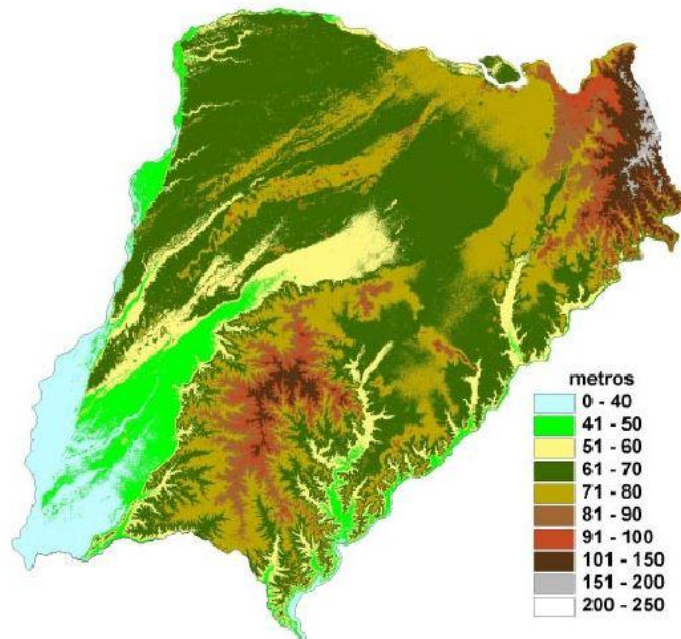
A superfície de Corrientes de 88 199 km<sup>2</sup>, que se comparado com os estados do Brasil, poder-se-ia dizer que tem um tamanho próximo ao Estado de Santa Catarina.



**Figura 4.** Localização e limites da Província de Corrientes (Argentina).  
Fonte: wikimedia.org e mission.net

A maior parte de Corrientes possui altitudes inferiores a 80 m (Figura 5), sendo que as maiores altitudes se encontram no nordeste da província e as menores no sudoeste, indo de 220 a 20 m, respectivamente. O relevo é

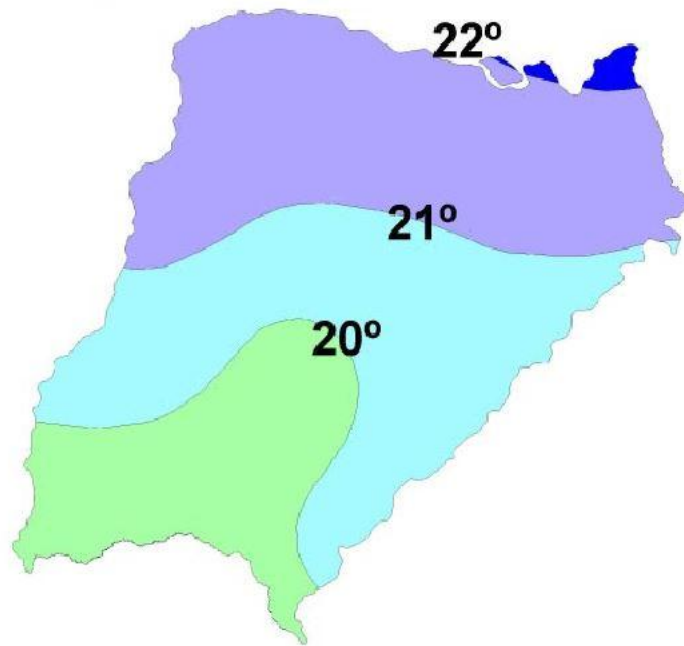
plano, com predomínio de extensas planícies no oeste, uma parte mais deprimida no centro da província (aqui se encontra o segundo maior pantanal da América chamado *Esteros del Iberá*) e finalmente um relevo levemente ondulado no leste da província (Escobar et al., 1996).



**Figura 5.** Mapa com as altitudes da Província de Corrientes (Argentina).  
Fonte: Cruzate e Panigatti (2008).

### **3.2 Caracterização do clima e dos regimes térmico e hídrico dos solos de Corrientes - Argentina**

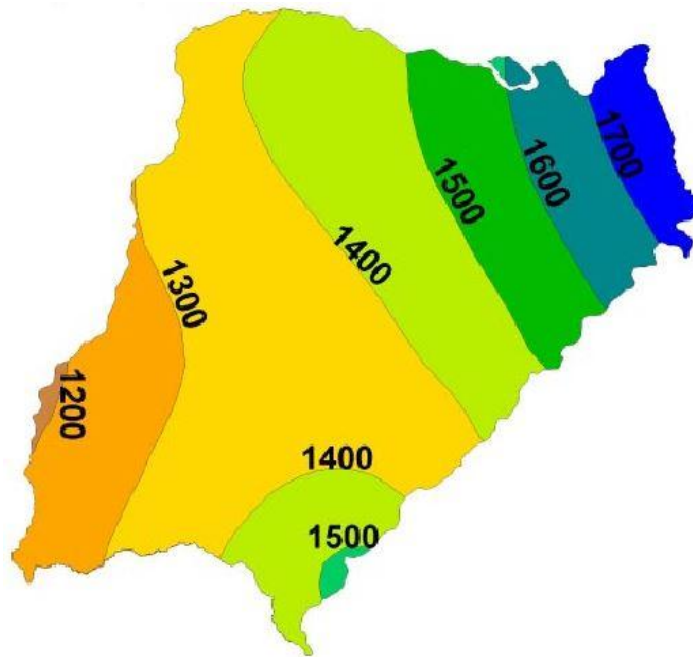
A província de Corrientes possui um clima subtropical úmido, com temperaturas bem elevadas no verão (máximas absolutas que atingem os 40 a 44 °C, e temperaturas médias em janeiro de 26 a 28 °C) e consideravelmente frias no inverno (mínimas absolutas da ordem de -2 a -4 °C, e temperaturas médias em julho de 14 a 16 °C), tendo historicamente uma a três geadas por ano. As temperaturas médias anuais variam de 20 a 23 °C, incrementando do sul para o norte da província seguindo as isotermas da figura 6.



**Figura 6.** Temperaturas médias anuais, em °C, da Província de Corrientes (Argentina).  
 Fonte: S. Gomez. Base de datos agroclimática I. C. y A. C.I.R.N. – INTA (2008), citado por Cruzate e Panigatti (2008).

Segundo a classificação de Köppen a província toda possui clima Cf w'a (h), clima mesotérmico, temperado quente, sem estação seca com precipitações máximas no outono, e verão muito quente com temperaturas acima de 22 °C e média anual maior que 18 °C. Com base no *Soil Taxonomy*, os solos possuem um regime hipertérmico, devido a que a temperatura média anual deles, até 50 cm, é maior que 22 °C e a amplitude térmica anual é maior que 5 °C (Escobar et al., 1996; USDA-NRCS Soil Survey Staff, 2010).

As precipitações na província aumentam, principalmente, desde o sudoeste e em direção ao nordeste, indo desde valores de 1 100 a 1 700 mm anuais (Figura 7). As estações que apresentam maiores precipitações no ano são outono e primavera, já o inverno se caracteriza por ser a estação com menos chuvas. Fazendo o balanço entre precipitações e evapotranspiração verifica-se déficit hídrico no verão (dezembro – janeiro), e períodos de excesso no outono e primavera (março – abril e setembro – outubro), entanto que no inverno se consome a água armazenada durante o outono (Escobar et al., 1996).



**Figura 7.** Precipitações médias anuais, em mm, da Província de Corrientes (Argentina).  
 Fonte: S. Gomez. Base de datos agroclimática I. C. y A. C.I.R.N. – INTA (2008), citado por Cruzate e Panigatti (2008).

Em relação ao regime hídrico dos solos, com base na classificação da *Soil Taxonomy*, alguns destes apresentam regime údico (do latim *udus* = úmido) e outros regime áquico (do latim *aqua* = água). O primeiro destes se caracteriza porque na maioria dos anos o perfil do solo, na seção de controle de umidade, não fica seca por mais de 90 d consecutivos. Entretanto que, o regime áquico é típico de muitos solos de Corrientes, principalmente no oeste da província. Este se caracteriza porque o solo fica saturado por água na seção de controle do perfil durante vários dias ao ano, isto gera condições anaeróbicas que levam à redução química do perfil na zona radicular. Esta realidade é observada muitas vezes pelo nível elevado do lençol freático (Escobar et al., 1996; USDA-NRCS Soil Survey Staff, 2010).

### 3.3 Levantamento de dados climáticos da região em estudo

Foi realizado um levantamento de dados climáticos, com o intuito de ter registros do clima da Província de Corrientes, e de províncias vizinhas<sup>c</sup>, das últimas décadas para utilizar no modelo ecofisiológico 3-PG. Entre os

<sup>c</sup> No que se refere a dados climáticos de províncias vizinhas, procurou-se registros de estações meteorológicas localizadas em cidades próximas aos sítios de amostragem exclusivamente.

dados obtidos estão as seguintes variáveis climáticas que são utilizadas como dados de entrada no 3-PG.

- Temperatura média mensal (máxima e mínima);
- Precipitações médias mensais;
- Radiação solar média mensal;
- Evapotranspiração média mensal;
- Média dos dias que chovem por mês;
- Média mensal dos dias com temperaturas inferiores a 0 °C;
- Latitude e longitude de cada estação meteorológica que originaram os dados.

Estes dados foram fornecidos por órgãos do governo nacional e provincial, que são citados a continuação:

- Servicio Meteorológico Nacional (SMN);
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA);
- Ministerio de la Producción de la Provincia de Corrientes (MPTT).

Na maioria dos casos, os dados obtidos correspondem às médias mensais das últimas três ou quatro décadas de cada estação meteorológica. No quadro 1 se detalham as localizações das estações meteorológicas das quais se obtiveram os registros climáticos, assim como as cidades nas quais estas se encontram e o período do qual se tem os dados supracitados.

**Quadro 1.** Coordenadas geográficas e períodos de registros climáticos das estações meteorológicas localizadas em cidades dentro de Corrientes e nas províncias limítrofes

<b>Estações Meteorológicas</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Periodo dos registros</b>
Formosa	26°11'60.00"S	58° 9'60.00"W	1981 - 2010
Corrientes	27°27'5.42"S	58°45'36.31"W	1981- 2011
Reconquista	29°11'0.00"S	59°40'0.00"W	1971 - 2011
Paraná	31°47'0.00"S	60°30'0.00"W	1971 - 2011
Concordia	31°18'0.00"S	58° 0'0.00"W	1971 - 2011
Posadas	27°21'60.00"S	56° 0'0.00"W	1971 - 2011
Paso de los Libres	29°41'0.00"S	57° 9'60.00"W	1971 - 2011
Monte Caseros	30°15'60.00"S	57°39'60.00"W	1971 - 2011
Mercedes	29°11'00.0"S	58°04'00.0"W	1950 - 2015
Bella Vista	28°25'48.00"S	58°55'12.00"W	1971 - 2011
Cerro Azul	27°39'0.00"S	55°25'48.00"W	1971 - 2011

### **3.4 Distribuição espacial dos sítios de amostragem de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes e especificação das espécies amostradas**

Para definir a distribuição dos sítios de amostragem (Figura 8), foram consideradas informações obtidas na literatura assim como comunicações pessoais fornecidas pelo *Ministério de la Producción de Corrientes* e por empresas florestais distribuídas pela província. As empresas florestais que participaram deste projeto e que facilitaram as condições necessárias para realizar as amostragens nas suas propriedades foram:

- Empresas Verdes Argentina S.A. (EVASA);
- Enrique Zeni S.A. (Zeni);
- MASISA;
- Bosques del Plata;
- Pomera Maderas.

Grande parte das informações para a distribuição dos sítios de amostragem foram obtidas do Mapa de Solos de Corrientes 1:500 000, feito pelo INTA (Escobar et al., 1996). Este fato deve-se a que a produtividade dos povoamentos da província tem uma estreita correlação com o tipo de solo (Figura 1). Em cada região, os sítios de amostragem foram escolhidos em lugares onde o tipo de solo fosse característico dos povoamentos da região.

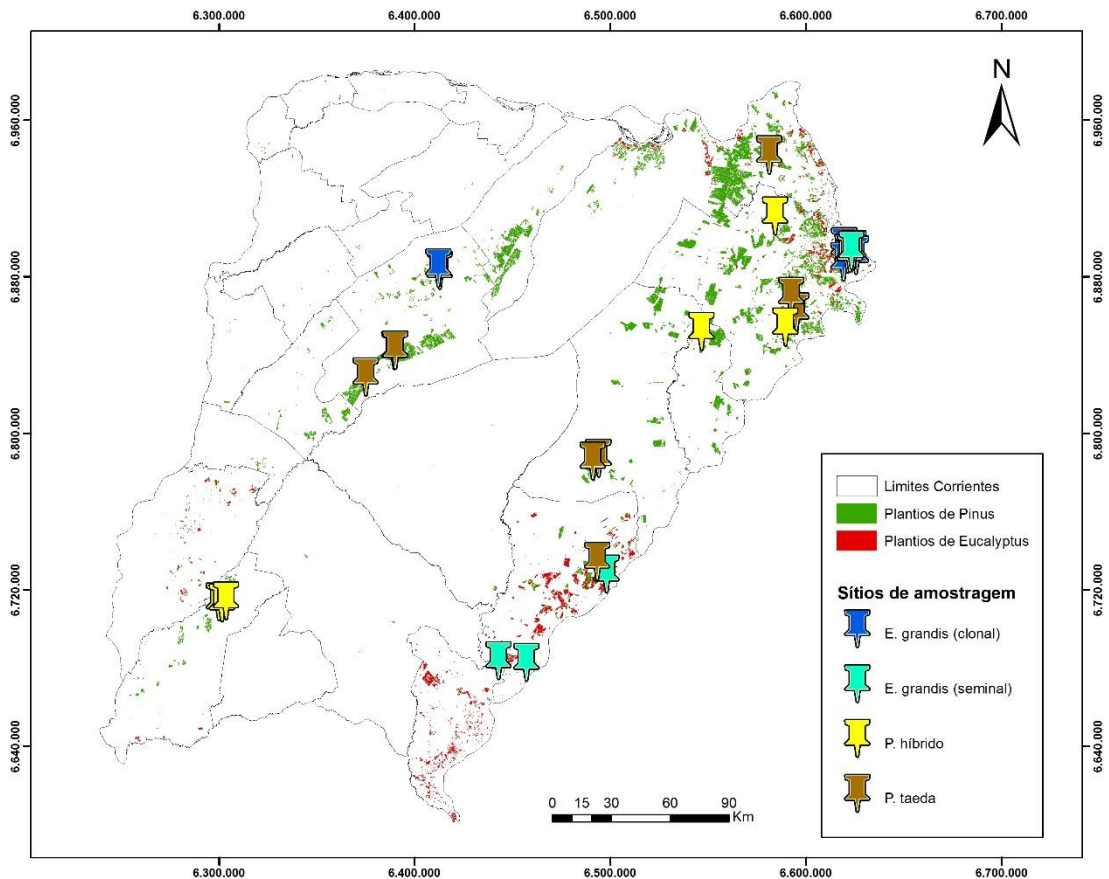
Em cada região foram amostradas uma ou mais espécies, em função de que fossem espécies representativas da região. Por sua vez, dentro de cada espécie a amostragem foi feita seguindo uma cronossequência, sendo que para cada espécie e dentro de cada região foram amostradas pelo menos três idades e três classes de diâmetro dentro de cada idade.

Na Argentina, o manejo florestal de *Pinus* e *Eucalyptus* é feito com desbastes. Por este motivo, procurou-se que as idades amostradas estivessem definidas com base nos desbastes. Assim, a primeira idade foi previa ao primeiro desbaste, a segunda idade foi entre o primeiro e o segundo desbaste e a terceira idade amostrada foi o mais próximo possível do corte final.

Na maioria dos casos os talhões amostrados não foram adubados. A única exceção neste sentido corresponde aos talhões amostrados na

empresa Pomera Maderas, que faz adubação de plantio aplicando 120 g/planta de 2-39-6 em superfície. Além disso, vale ressaltar que nenhum talhão amostrado tinha irrigação.

Para efetuar as amostragens foi realizado um trabalho de campo que se estendeu por um período de 35 d ininterruptos entre os meses de julho e agosto de 2015. No total, foram percorridos cerca de 3 000 km de estradas pavimentadas e ao redor de 2 000 km de estradas de chão.



**Figura 8.** Mapa de Corrientes com a distribuição dos plantios florestais, assim como a localização dos sítios de amostragem de *P. taeda*, *P. híbrido*, *E. grandis* (seminal) e *E. grandis* (clonal).

Fonte: Adaptado de Elizondo (2015).

Dentro dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, foram amostradas as seguintes espécies/híbridos. A justificativa da escolha de cada uma delas, assim como as regiões e empresas onde se realizaram as amostragens são descritas a continuação.

### 3.4.1 *Pinus*

Para o gênero *Pinus*, optou-se por trabalhar com a espécie *P. taeda* e com o híbrido *P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*, devido a que a primeira é a espécie mais plantada em Corrientes e no caso do híbrido porque este está sendo cada vez mais plantado na província. O híbrido é plantado principalmente em solos localizados nas áreas de baixadas onde antes era cultivado maioritariamente *P. elliotii*. Escolheu-se não trabalhar com a espécie *P. elliotii* porque foi percebido que, em geral, as empresas têm deixado de plantar esta espécie faz alguns anos. Assim, nesta pesquisa tem-se três sítios de amostragem para *P. taeda* e dois sítios de amostragem para *P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* (Figura 8).

Os sítios de amostragem de *P. taeda* foram:

- No nordeste (Bosques del Plata);
- No sudeste (MASISA);
- No centro-oeste (EVASA).

Os sítios de amostragem de *P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* foram:

- No nordeste (Bosques del Plata)
- No suroeste (Zeni)

Maiores detalhes em relação aos sítios de amostragem de *P. taeda* e do P. híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) se encontram nos quadros 2 e 3, respectivamente.

**Quadro 2.** Empresa, localização, idade e outros aspectos dos talhões de *P. taeda* cubados e amostrados na Província de Corrientes – Argentina

Empresa	Região	Latitude	Longitude	Ciclo de corte	Data de plantio	Idade	Espaçamento	Densidade inicial	Dens. em jul/2015 <sup>1/</sup>	Árvores medidas	dap ± s <sup>2/</sup>	q <sup>3/</sup>	Vol.Lenho <sup>4/</sup>
						anos	---- m ----	----- arv/ha -----			----- cm -----		m <sup>3</sup> /ha
EVASA	CO	28°40'05" S	58°16'42" W	2 <sup>o</sup> ciclo	mai/2012	3,2	5,0 x 2,4	833	650	101	8,3 ± 1,4	8,5	10,22
EVASA	CO	28°32'51" S	58° 7'43" W	1 <sup>o</sup> ciclo	mar/2007	8,3	4,0 x 2,5	1000	640	90	19,3 ± 2,6	19,4	101,56
EVASA	CO	28°32'48" S	58° 7'22" W	1 <sup>o</sup> ciclo	nov/2000	14,6	3,5 x 2,5	1143	380	60	27,2 ± 3,9	27,5	167,85
MASISA	SE	29° 3'42" S	57° 5'30" W	1 <sup>o</sup> ciclo	out/2011	3,7	4,5 x 2,4	950	900	106	14,0 ± 2,1	14,1	26,28
MASISA	SE	29° 2'53" S	57° 3'44" W	1 <sup>o</sup> ciclo	jun/2008	7,0	4,0 x 2,5	1000	600	93	20,5 ± 2,2	20,6	78,38
MASISA	SE	29°31'28" S	57° 4'12" W	1 <sup>o</sup> ciclo	sep/2000	14,8	4,0 x 2,0	1000	375	64	31,1 ± 3,4	31,3	225,27
Bosques del Plata	NE	28°22'18" S	56°1'50" W	2 <sup>do</sup> ciclo	jul/2011	4,0	4,0 x 2,25	1216	1033	123	14,0 ± 1,9	14,1	39,90
Bosques del Plata	NE	28°17'59" S	56°3'28" W	2 <sup>do</sup> ciclo	jul/2008	7,0	4,0 x 2,25	1006	538	68	23,1 ± 2,6	23,3	102,62
Bosques del Plata	NE	27°38'58" S	56°10'38" W	1 <sup>o</sup> ciclo	jul/2003	12,0	4,0 x 1,75	1428	325	59	28,2 ± 4,0	28,5	182,21

Regiões: CO = centro-oeste, SE = sudeste, NE = nordeste.<sup>1/</sup> Densidade de plantio no momento em que foi realizada a cubagem e amostragem nos talhões. arv = árvore.  
<sup>2/</sup> Média aritmética dos *dap* e desvio padrão das árvores medidas em cada parcela. <sup>3/</sup> Diâmetro quadrático médio das árvores medidas em cada parcela. <sup>4/</sup> Volume de lenho (volume sem casca) estimado a partir dos volumes das árvores cubadas em cada parcela.

**Quadro 3.** Empresa, localização, idade e outros aspectos dos talhões de *P. híbrido* (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) cubados e amostrados na Província de Corrientes – Argentina

Empresa	Região	Latitude	Longitude	Ciclo de corte	Data de plantio	Idade	Espaçamento	Densidade inicial	Dens. em jul/2015 <sup>1/</sup>	Árvores medidas	<i>dap</i> ± s <sup>2/</sup>	q <sup>3/</sup>	Vol. Lenho <sup>4/</sup>
						anos	---- m ----	----- arv/ha -----			----- cm -----		m <sup>3</sup> /ha
Zeni	SO	29°41'30" S	59° 1'43" W	2 <sup>do</sup> ciclo	ago/2011	3,8	5,0 x 2,2	800	620	65	13,5 ± 2,0	13,6	22,11
Zeni	SO	29°42'03" S	59° 3'04" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2006	8,7	3,5 x 2,0	1146	680	84	22,2 ± 4,1	22,6	147,31
Zeni	SO	29°41'43" S	59° 4'01" W	1 <sup>ro</sup> ciclo	jun/2002	13,0	4,0 x 2,0	900	550	62	29,0 ± 5,1	29,5	346,36
Bosques del Plata	NE	28°26'29" S	56°5'13" W	2 <sup>do</sup> ciclo	ago/2011	3,9	4,0 x 2,25	1146	1060	107	14,6 ± 2,7	14,6	46,58
Bosques del Plata	NE	28°27'49" S	56°31'28" W	2 <sup>do</sup> ciclo	jul/2008	7,0	4,0 x 2,25	1152	579	73	21,8 ± 3,0	22,0	108,80
Bosques del Plata	NE	27°55'47" S	56°8'43" W	1 <sup>ro</sup> ciclo	jul/2003	12,0	4,0 x 1,75	1428	360	58	28,3 ± 4,2	28,6	183,02

Regiões: SO = sudoeste, NE = nordeste. <sup>1/</sup> Densidade de plantio no momento em que foi realizada a cubagem e amostragem nos talhões. arv = árvore. <sup>2/</sup> Média aritmética dos *dap* e desvio padrão das árvores medidas em cada parcela. <sup>3/</sup> Diâmetro quadrático médio das árvores medidas em cada parcela. <sup>4/</sup> Volume de lenho (volume sem casca) estimado a partir dos volumes das árvores cubadas em cada parcela.

### 3.4.2 *Eucalyptus*

Para o gênero *Eucalyptus*, optou-se por trabalhar com *E. grandis*, por ser a principal espécie deste gênero plantada em Corrientes e na Argentina também. Nesta espécie existe a particularidade de que tem-se plantios seminais e clonais. Atualmente, ainda predominam os plantios seminais, porém a tendência é que os plantios clonais vão aumentando em proporção de superfície plantada nos últimos anos. Para esta pesquisa foram escolhidos dois sítios de amostragem de *E. grandis* seminal e dois sítios de amostragem de *E. grandis* clonal (Figura 8).

Os sítios de amostragem de *E. grandis* seminal foram:

- No nordeste (Pomera Maderas)
- No sudeste (MASISA)

Os sítios de amostragem de *E. grandis* clonal foram:

- No nordeste (Pomera Maderas)
- No centro-oeste (Pomera Maderas)

Vale ressaltar que, os sítios de *E. grandis* clonal no nordeste da província foram escolhidos no mesmo campo da empresa Pomera Maderas que os sítios de *E. grandis* seminal amostrados nessa região com o intuito de testar se existia diferença, ou não, entre os materiais seminais e clonais. Para poder verificar isto, foram amostrados materiais seminais e clonais de *E. grandis* em talhões um do lado do outro, sempre que possível.

Maiores detalhes em relação aos sítios de amostragem de *E. grandis* (seminal) e *E. grandis* (clonal) se encontram nos quadros 4 e 5, respectivamente.

**Quadro 4.** Empresa, localização, idade e outros aspectos dos talhões de *E. grandis* (seminal) cubados e amostrados na Província de Corrientes – Argentina

Empresa	Região	Latitude	Longitude	Ciclo de corte	Data de plantio	Idade	Espaçamento	Densidade inicial	Dens. em jul/2015 <sup>1/</sup>	Árvores medidas	dap ± s <sup>2/</sup>	q <sup>3/</sup>	Vol. Lenho <sup>4/</sup>
						anos	----- m -----	----- arv/ha -----			----- cm -----		m <sup>3</sup> /ha
MASISA	SE	29°59'23" S	57°26'40" W	2 <sup>do</sup> ciclo	sep/2013	1,8	4,0 x 2,5	945	945	115	10,3 ± 2,1	10,5	30,75
MASISA	SE	29°35'00" S	57° 1'13" W	2 <sup>do</sup> ciclo	sep/2009	5,8	3,0 x 2,0	1000	600	77	18,4 ± 4,0	18,8	118,31
MASISA	SE	29°58'55" S	57°35'36" W	1 <sup>ro</sup> ciclo	1999	16	4,0 x 2,0	1250	200	88	40,8 ± 5,5	41,2	378,89
Pomera Maderas	NE	28°5'06" S	55°44'49" W	2 <sup>do</sup> ciclo	out/2014	0,8	4,0 x 3,5	715	593	58	3,5 ± 0,8	3,6	1,38
Pomera Maderas	NE	28°5'53" S	55°45'21" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2013	1,8	4,0 x 3,5	715	680	62	11,3 ± 2,4	11,5	31,48
Pomera Maderas	NE	28°6'21" S	55°43'22" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2012	2,8	4,0 x 3,5	715	506	80	16,9 ± 2,4	17,1	74,88
Pomera Maderas	NE	28°6'02" S	55°45'55" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2010	4,8	4,0 x 3,5	715	250	54	22,5 ± 4,2	22,9	96,59
Pomera Maderas	NE	28°8'15" S	55°47'13" W	1 <sup>ro</sup> ciclo	set/2008	6,8	4,0 x 3,5	715	250	84	22,2 ± 4,6	22,7	100,50

Regiões: SE = sudeste, NE = nordeste.<sup>1/</sup> Densidade de plantio no momento em que foi realizada a cubagem e amostragem nos talhões. arv = árvore. <sup>2/</sup> Média aritmética dos dap e desvio padrão das árvores medidas em cada parcela. <sup>3/</sup> Diâmetro quadrático médio das árvores medidas em cada parcela. <sup>4/</sup> Volume de lenho (volume sem casca) estimado a partir dos volumes das árvores cubadas em cada parcela.

**Quadro 5.** Empresa, localização, idade e outros aspectos dos talhões de *E. grandis* (clonal) cubados e amostrados na Província de Corrientes – Argentina

Empresa	Região	Latitude	Longitude	Ciclo de corte	Data de plantio	Idade	Espaçamento	Densidade inicial	Dens. em jul/2015 <sup>1/</sup>	Árvores medidas	<i>dap</i> ± s <sup>2/</sup>	q <sup>3/</sup>	Vol.Lenho <sup>4/</sup>
						anos	---- m ----	----- arv/ha -----			----- cm -----		m <sup>3</sup> /ha
Pomera Maderas	CO	28°10'08" S	57°53'40" W	2 <sup>do</sup> ciclo	nov/2012	2,6	4,0 x 3,5	715	650	118	10,2 ± 2,9	10,6	27,78
Pomera Maderas	CO	28°10'49" S	57°53'17" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2012	2,7	4,0 x 3,5	715	650	105	11,3 ± 3,2	11,7	35,66
Pomera Maderas	NE	28°4'53" S	55°44'09" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2014	0,8	4,0 x 3,5	715	653	70	3,6 ± 0,7	3,7	1,44
Pomera Maderas	NE	28°4'12" S	55°47'08" W	2 <sup>do</sup> ciclo	set/2013	1,8	4,0 x 3,5	715	650	73	11,8 ± 1,1	11,9	31,93
Pomera Maderas	NE	28°4'07" S	55°47'06" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2013	1,8	4,0 x 3,5	715	650	66	12,6 ± 1,1	12,7	38,84
Pomera Maderas	NE	28°6'24" S	55°43'24" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2012	2,8	4,0 x 3,5	715	650	73	17,6 ± 1,7	17,7	114,28
Pomera Maderas	NE	28°6'01" S	55°45'59" W	2 <sup>do</sup> ciclo	oct/2010	4,8	4,0 x 3,5	715	450	60	24,5 ± 4,9	25,0	232,12
Pomera Maderas	NE	28°8'18" S	55°47'11" W	1 <sup>ro</sup> ciclo	set/2008	6,8	4,0 x 3,5	715	250	68	24,9 ± 2,8	25,0	126,60

Regiões: CO = centro-oeste, NE = nordeste. <sup>1/</sup> Densidade de plantio no momento em que foi realizada a cubagem e amostragem nos talhões. arv = árvore. <sup>2/</sup> Média aritmética dos *dap* e desvio padrão das árvores medidas em cada parcela. <sup>3/</sup> Diâmetro quadrático médio das árvores medidas em cada parcela. <sup>4/</sup> Volume de lenho (volume sem casca) estimado a partir dos volumes das árvores cubadas em cada parcela.

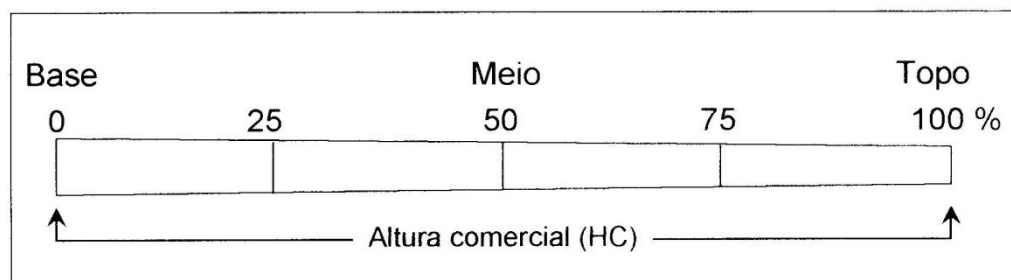
### 3.5 Cubagem das árvores-amostra, amostragem e preparo das amostras de tecidos vegetais

A continuação se descreve a sequência de passos que se efetuaram em cada sitio de amostragem paraubar as árvores-amostra e obter as amostras de tecidos vegetais. Também se detalha como foi o acondicionamento das amostras no laboratório para determinação de umidade e preparo dos tecidos moídos, visando análise de macro e micronutrientes.

- a) Definição do talhão a ser amostrado e local da parcela dentro do talhão. Isto foi feito com base na disponibilidade de plantios florestais que cada empresa possuía nos respectivos sítios de amostragem;
- b) Medição da circunferência a 1,3 m de altura, também denominada circunferência à altura do peito (*cap*), das árvores de cada parcela. Foram medidas entre 54 e 123 árvores por parcela, sendo que o número de árvores medidas por parcela foi diretamente proporcional à densidade de árvores/ha no momento em que se realizou o trabalho de campo;
- c) Com base nas medições de *cap* foram realizados cálculos para determinar as árvores a serem amostradas, considerando a média ( $\bar{x}$ ) e o desvio padrão (*s*). Assim, em cada sitio de amostragem, foram escolhidas árvores de três classes diamétricas, sendo uma árvore superior ( $\geq \bar{x} + s$ ), uma árvore média ( $\bar{x} - s < \bar{x} < \bar{x} + s$ ) e uma árvore inferior ( $\leq \bar{x} - s$ );
- d) Abate das árvores correspondentes às três classes diamétricas. Foi abatida uma árvore-amostra por vez, objetivando realizar todo o procedimento de cubagem e amostragem de cada indivíduo por separado;
- e) Retirada de todos os ramos da árvore para poder medir a altura total (*Ht*) e comercial (*Hc*) da mesma<sup>d</sup>;
- f) Remoção de cinco discos do tronco da árvore, de aproximadamente 2,5 cm de espessura, sendo estes cortados ao 0, 25, 50, 75 e 100 % da altura comercial do indivíduo amostrado (Figura 9);

---

<sup>d</sup> A partir deste ponto, descreve-se o que foi feito em cada árvore, sendo que deste ponto em diante as mesmas operações foram repetidas em todas as árvores.



**Figura 9.** Detalhe da divisão do fuste em quatro seções, e sinalização do 0, 25, 50, 75 e 100 %, correspondente aos lugares de onde foram retirados os discos.

- g) Medição das circunferências e pesagem, no campo, dos discos com e sem a casca;
- h) A partir das circunferências dos discos, com e sem casca, e dos comprimentos de cada uma das quatro seções em que foi dividido cada fuste ( $H_c/4$ ), foram determinados os volumes do fuste, com e sem casca, utilizando a fórmula de Smalian (Campos e Leite, 2017);
- i) Os discos e suas correspondentes cascas foram secos em estufa a  $70\text{ }^\circ\text{C}$  até massa constante para posteriormente pesá-los no laboratório e por diferença determinar a umidade de cada um desses tecidos;
- j) Pesagem do tronco, registrando a massa correspondente a cada quarto do mesmo, ou seja, pesaram-se por separado os segmentos correspondentes a 0 - 25 %, 25 - 50 %, 50 - 75 % e 75 - 100 % (na hora de pesar cada segmento foi pesado também o disco previamente retirado de cada setor e adicionado à porção correspondente do tronco);
- k) Amostragem de casca, retirando pedaços deste tecido em todo o comprimento do tronco aproximadamente a cada 30 cm. A subamostra de casca assim obtida foi pesada no campo para determinar a massa de matéria fresca da mesma;
- l) Amostragem de lenho (tronco sem casca), coletando serragem obtida ao cortar com motosserra diversas porções do tronco onde foram removidas previamente a casca;
- m) Remoção de todas as folhas/acículas (dependendo se era *Eucalyptus* ou *Pinus* a árvore que estava sendo amostrada) e registro da massa de matéria fresca total das mesmas;

- n) Amostragem de folhas para determinar a área foliar específica. No referente a *Eucalyptus*, para cada classe diamétrica, as amostras foram de 20 folhas por talhão. Já para *Pinus*, também foi coletada uma amostra de cada classe diamétrica em cada talhão, sendo que cada amostra foi de aproximadamente 30 g de acículas. As amostras para determinação de área foliar específica foram armazenadas em geladeira até o momento em que foram feitas as avaliações no laboratório.
- o) Coleta e pesagem de todos os galhos já sem folhas/acículas;
- p) Das folhas e dos galhos retirou-se uma subamostra de cada tecido, a qual foi pesada no campo para conhecer a massa de matéria fresca da mesma. Essas subamostras, junto com as subamostras de casca e lenho, foram secadas em estufa de circulação forçada a 70 °C até massa constante. Posteriormente cada subamostra seca (com exceção das de serragem) foi pesada no laboratório para obter por diferença a umidade de cada tecido para cada árvore (lembrando que a umidade de cada porção de lenho foi obtido a partir dos discos desse tecido);
- q) Com base na umidade de cada tecido e os valores de massa de matéria fresca dos mesmos, foi possível calcular posteriormente a massa de matéria seca de cada órgão para cada árvore;
- r) Após pesadas as subamostras de cada tecido, estas foram moídas em moinho tipo “Wiley” para determinar nas mesmas os teores de macro e micronutrientes;
- s) Amostragem de serrapilheira:
- i. Em quatro pontos (dois pontos na linha de plantio e dois pontos no meio da entrelinha) dentro de cada parcela foi usado um gabarito de 50 × 50 cm para coletar quatro subamostras;
  - ii. A coleta de cada subamostra consistiu em cortar toda a serrapilheira fora dos limites do gabarito em cada local onde este foi lançado;
  - iii. Após cortar toda a serrapilheira fora dos limites do gabarito, este foi retirado e procedeu-se à coleta de todo o

material que ficava dentro dos limites do gabarito em cada ponto onde o mesmo foi lançado;

- iv. O material coletado nos quatro pontos de cada parcela foi pesado todo junto em um saco, obtendo assim a massa de matéria fresca de uma amostra de serrapilheira correspondente a uma superfície de 1 m<sup>2</sup>;
- v. Na sequência, retirou-se uma subamostra de serrapilheira do saco. Essa subamostra foi secada em estufa de circulação forçada a 70 °C até massa constante e posteriormente foi pesada no laboratório para determinar a umidade;
- vi. Finalmente, as subamostras deste tecido foram moídas em moinho tipo “Wiley” para realizar a determinação dos teores de macro e micronutrientes.

Além da cubagem e amostragem de árvores-amostra descritas anteriormente, foram amostradas 20 mudas por espécie em dois viveiros florestais para posteriormente determinar a relação folha/*stem*<sup>e</sup> numa idade inicial, considerada a idade da muda no momento de ser transplantada no campo.

No total foram coletadas 1 580 amostras de tecidos vegetais. A continuação se detalha brevemente como está formado esse número total de amostras de tecidos vegetais.

- Discos de árvores = 31 talhões × 3 clas. diamétricas × 5 discos = 465
- Casca dos discos = 31 talhões × 3 clas. diam. × 5 cascas = 465
- Folhas p/ análises químicas = 31 talhões × 3 clas. diamétricas = 93
- Folhas p/ área foliar específica = 31 talhões × 3 clas. diam. = 93
- Galhos = 31 talhões × 3 classes diamétricas = 93
- Casca = 31 talhões × 3 classes diamétricas = 93
- Lenho (serragem) = 31 talhões × 3 classes diamétricas = 93
- Serrapilheira = 25 talhões = 25

---

<sup>e</sup> Neste trabalho, o termo *stem* se refere a toda a parte aérea menos as folhas em todos os casos, com a exceção de quando se menciona para volume de *stem*, sendo que para o volume faz se referência exclusivamente ao fuste. Considera-se importante este esclarecimento em relação ao termo *stem*, e destaca-se que a maneira de se referir a ele segue a que é adotada na literatura do modelo 3-PG desde a publicação original (Landsberg e Waring, 1997) em diante.

- Mudas = 20 mudas × 4 sp. × 2 partes = 160

### **3.6 Amostragem de solos**

A amostragem de solos foi dividida em três tipos, segundo a finalidade para a qual se realizou cada amostragem. Assim, os solos foram amostrados para fins de: análise química da fertilidade do solo, obter as taxas de recuperação pelos extratores e determinar a densidade do solo.

#### **3.6.1 Amostragem destinada à análise química para fertilidade do solo**

- a) Utilizou-se para estas amostragens dois tipos de trado em função da textura do solo que era amostrado em cada caso. No caso de solos arenosos, optou-se pelo uso de um trado tipo Riverside. Já quando os solos eram argilosos o tipo de trado utilizado foi o holandês. Os solos arenosos de Corrientes (tipicamente situados no centro-oeste e sudoeste da província) possuem em torno de 90 - 95 % de areia, o que não permite que sejam amostrados com trado holandês;
- b) Foram amostrados quatro pontos (dois pontos na linha de plantio e dois pontos no meio da entrelinha, nos mesmos locais onde previamente tinham sido retiradas as amostras de serrapilheira) por parcela nas profundidades de: 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 e 60 - 100 cm;
- c) Os solos das diferentes profundidades foram coletados em baldes separados;
- d) Após coletar o solo das respectivas profundidades, misturou-se o mesmo em cada balde para homogeneizar e obter as amostras compostas;
- e) Foi retirada uma amostra de cada balde, colocada em saco plástico e etiquetada. Desta maneira, obteve-se uma amostra representativa de cada profundidade, em cada parcela amostrada.

### **3.6.2 Amostragem para obtenção das taxas de recuperação pelos extratores**

- a) Foram amostrados oito solos representativos da Província de Corrientes;
- b) Neste caso, amostrou-se a profundidade de 0 - 20 cm em quatro pontos por parcela de cada solo representativo escolhido;
- c) As quatro subamostras coletadas em cada solo representativo foram misturadas em um balde;
- d) Retirou-se uma amostra composta de cada balde que representou cada um dos oito solos escolhidos.

Utilizando os solos amostrados nestas coletas, foi montado um experimento de taxa de recuperação pelos extratores: Mehlich-1, Bray & Kurtz-1, KCl 1 mol/L e acetato de amônio 1 mol/L a pH 7. Assim, foram obtidas as taxas de recuperação por estes extratores para os nutrientes: P, K, Ca e Mg.

### **3.6.3 Amostragem para determinar densidade do solo**

- a) Para realizar esta amostragem utilizaram-se anéis de aço inox de volume conhecido. Estes anéis permitiram obter amostras de solo indeformadas;
- b) Em cada parcela escolheu-se um sitio representativo da mesma e foi aberta uma trincheira para realizar esta amostragem;
- c) Em um lado da trincheira, que não tinha sido pisado, retirou-se solo até a profundidade de 7,5 cm;
- d) Com a ajuda de um castelo e um martelo foram inseridos os três anéis de aço inox de volume conhecido para amostrar a profundidade de 0 - 20 cm;
- e) Retirou-se os três anéis e eliminou-se o solo fora dos limites superior e inferior de cada anel;
- f) O solo de cada anel foi transferido para uma sacola com etiqueta indicando: parcela, profundidade de amostragem e número de anel usado;
- g) Seguidamente, sobre o mesmo lado que não tinha sido pisado, retirou-se solo até a profundidade de 27,5 cm;

- h) Novamente, utilizando o castelo e o martelo, foram inseridos outros três anéis. Neste caso, para amostrar a profundidade de 20 - 40 cm;
- i) Após retirar os três anéis, eliminou-se o solo fora dos limites superior e inferior de cada anel;
- j) O solo de cada anel foi transferido para uma sacola com etiqueta indicando: parcela, profundidade de amostragem e número de anel usado.

No total foram coletadas 318 amostras de solo. A continuação se detalha brevemente como está formado esse número total de amostras.

- Amostras para análises químicas da fertilidade do solo = ((29 talhões × 4 prof.) + 4) + ((2 talhões × 5 prof.) + 5) = 135<sup>f</sup>
- Amostras para obter as taxas de recuperação pelos extratores = 8
- Amostras para densidade do solo = 31 talhões × 2 prof. × 3 anéis = 186

### **3.7 Análises e determinações**

#### **3.7.1 Análises de tecidos vegetais**

Foram realizadas análises químicas de 397 amostras de material vegetal (93 de folhas, 93 de galhos, 93 de casca, 93 de lenho e 25 de serrapilheira) das árvores que foram amostradas de modo a obter os teores de macro e micronutrientes de cada componente das árvores.

Para realizar as análises químicas do material vegetal, primeiro se procedeu a moer o material em moinho tipo Wiley com facas de aço inox. Posteriormente se realizou a digestão com mistura nítrico-perclórica<sup>g</sup> para a extração de P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mn, Fe e Cu. Na sequência foram feitas as dosagens desses elementos, sendo que o P foi dosado por colorimetria pela

---

<sup>f</sup> Em quase todos os sítios de amostragem (29 de 31) as amostras foram coletadas nas profundidades 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 e 60 - 100 cm. Porém, em dois sítios observou-se uma grande mudança de cor ao passar os 80 cm. Por este motivo, nesses sítios, a amostragem foi dividida nas seguintes profundidades: 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80 e 80 - 100 cm. Por outro lado, em dois sítios de amostragem (um de quatro e outro de cinco profundidades) foi feita uma amostragem na linha e outra na entrelinha.

<sup>g</sup> A mistura de ácido nítrico e perclórico foi preparada na relação 3:1. Para fazer a digestão se pesaram 0,5 g de tecido vegetal seco e moído e foram adicionados 10 mL da mistura nítrico-perclórica.

redução do fosfomolibdato pela vitamina C (Braga e Defelipo, 1974). Já o K foi dosado por fotometria de emissão em chama. A dosagem do S foi feita utilizando o método de turbidimetria de sulfatos no espectrofotômetro de absorção molecular (Alvarez et al., 2001a). As dosagens de Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn foram feitas no espectrofotômetro de absorção atômica (Tedesco et al., 1995). Para a determinação de N a digestão foi feita com ácido sulfúrico e na sequência se realizou a destilação com hidróxido de sódio, sendo recebido o destilado com ácido bórico e por último titulado com ácido clorídrico 0,02 mol/L. Já no caso do B foi feita mineralização (ou calcinação) por via seca em forno mufla e para a dosagem utilizou-se o método colorimétrico, com azometina-H.

### **3.7.2 Determinação da Área Foliar Específica (AFE)**

Primeiramente, foi utilizado um medidor de área foliar modelo LI-3100C da empresa LI-COR. Este equipamento permitiu medir a área foliar com uma precisão de 1 mm<sup>2</sup>. Na sequência, as amostras de folhas/acículas foram secas em estufa de circulação forçada a 70 °C até atingir peso constante e, por último, procedeu-se a realizar a pesagem das mesmas.

Fazendo o quociente entre a área foliar de cada amostra medida e a massa de matéria seca da respectiva amostra, foi possível obter a AFE de cada amostra, expressa em m<sup>2</sup>/kg.

### **3.7.3 Análises de solo**

Foram realizadas análises químicas e físicas nas amostras de solo coletadas. Vale ressaltar, que para tal fim se utilizaram os métodos rotineiramente empregados para fazer estas análises no Brasil e na Argentina (Bray e Kurtz, 1945; Mehlich, 1953; Jackson, 1964; Dewis e Freitas, 1970; Olsen e Sommers, 1982; EMBRAPA, 1997; Alvarez et al., 2001b; Ruiz, 2005). As análises que foram feitas são:

- pH (em água);
- P (Mehlich-1 e Bray & Kurtz-1);
- K (Mehlich-1 e Acetato de amônio 1 mol/L a pH 7);
- Na (Acetato de amônio 1 mol/L a pH 7);

- Ca e Mg (KCl 1 mol/L e Acetato de amônio 1 mol/L a pH 7);
- S ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  500 mg/L de P em HOAc 2 mol/L);
- $\text{Al}^{3+}$  (KCl 1 mol/L);
- H+Al (Acetato de cálcio 0,5 mol/L a pH 7);
- P-rem;
- Matéria orgânica (Walkley-Black);
- Fe, Zn, Mn e Cu (Mehlich-1);
- B ( $\text{CaCl}_2$  5 mmol/L).
- Análise granulométrica (Método de Bouyoucos);
- Densidade do solo (Método do anel volumétrico).

Os resultados de todas as análises de solo são apresentados no Apêndice C deste trabalho.

### **3.8 Parametrização do modelo 3-PG para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina**

A parametrização do modelo 3-PG para diferentes espécies e regiões é um processo iterativo no qual diversas equações alométricas são ajustadas com base em valores medidos em primeira instancia (Sands, 2004). Ao mesmo tempo, para algumas variáveis que não foram medidas durante o trabalho de campo se adotam valores obtidos da literatura para as mesmas espécies ou gêneros. Finalmente, deve-se realizar o ajuste fino “*tunning*” de alguns parâmetros de maneira que os valores de saída do modelo se aproximem aos valores observados (medidos no campo e na fase de laboratório a partir das amostras coletadas).

Neste trabalho, o modelo ecofisiológico 3-PG (Landsberg e Waring, 1997) foi parametrizado para: *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e o Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) para as condições da Província de Corrientes – Argentina, Vale ressaltar que Corrientes, se encontra no centro da região mesopotâmica<sup>h</sup> da Argentina, sendo que esta é a região que nucleia mais de 85 % da superfície de florestas implantadas no País. Acredita-se que a validade das

---

<sup>h</sup> A região mesopotâmica da Argentina está formada pelas províncias: Misiones, Corrientes e Entre Rios.

parametrizações sejam de alcance regional e não unicamente para a Província de Corrientes, devido à semelhança dos materiais genéticos e manejo utilizados, assim como as características climáticas que são parecidas na região como um todo.

Com base nas características dendrométricas medidas, foram ajustadas equações potenciais (Equações 1 e 2) de massa de matéria seca de folhas/acículas acumuladas e massa de matéria seca de *stem* em função do *dap* (Landsberg e Waring, 1997; Sands e Landsberg, 2002; Almeida et al., 2004). Para o ajuste das equações foi utilizada o *software* Microsoft Excel® 2010.

$$w_{Facum.} = a_{Facum.} dap^{n_{Facum.}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$w_S = a_S dap^{n_S} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que:

$w_{Facum.}$  = massa de matéria seca de folhas/acículas acumuladas, em kg/arv

$w_S^i$  = massa de matéria seca de *stem*, em kg/arv

$dap^j$  = diâmetro à altura do peito = diâmetro a 1,30 m de altura

$a_{Facum.}$  = constante na relação entre  $w_{Facum.}$  e  $dap$

$n_{Facum.}$  = potencia na relação entre  $w_{Facum.}$  e  $dap$

$a_S$  = constante na relação entre  $w_S$  e  $dap$

$n_S$  = potencia na relação entre  $w_S$  e  $dap$

Vale ressaltar que, no 3-PG o termo *stem* não se limita exclusivamente ao fuste senão que é toda a parte aérea menos as folhas, ou seja, o somatório do lenho, da casca e dos galhos.

A alocação de biomassa da parte aérea está baseada em relacionamentos alométricos que levam em consideração as massas de matéria seca das folhas/acículas e do *stem* ( $w_F$  e  $w_S$ ), e dependem do tamanho das árvores, representado pelo *dap*. A lógica assume que, na medida em que aumenta a idade do povoamento, a alocação para as folhas

<sup>i</sup> Sempre que a letra “w” é minúscula, refere-se a massa de matéria seca em kg/arv, e quando esta letra é maiúscula denota massa de matéria seca em t/ha.

<sup>j</sup> Os valores de *dap* foram calculados a partir dos valores de *cap* (circunferência à altura do peito) medidos no trabalho de campo.  $dap = cap / \pi$

diminui enquanto que a destinada ao *stem* se vê incrementada (Sands, 2004). Desta maneira, a partição de biomassa da parte aérea no 3-PG é controlada pela relação, representada com a letra “*p*”, entre as alocações para as folhas/acículas e para o *stem* (Equação 3).

$$pFS = a_p dap^{n_p} \quad (\text{Eq. 3})$$

em que:

$$a_p = \frac{a_{F_{acum.}} \cdot n_{F_{acum.}}}{a_S \cdot n_S}$$

$$n_p = n_{F_{acum.}} - n_S$$

Sendo que, para a parametrização do 3-PG são de interesse  $p_2$  e  $p_{20}$  que correspondem aos valores que a relação  $pFS$  assume para  $dap$  de 2 e 20 cm, respectivamente (Landsberg e Waring, 1997; Sands e Landsberg, 2002; Almeida et al., 2004).

Outras variáveis ajustadas a partir de valores medidos foram: área foliar específica ( $\sigma$ ), densidade da madeira ( $\rho$ ) e a fração da massa de matéria seca de *stem* que corresponde aos galhos e à casca ( $P_{BB}$ ). Todas elas são variáveis dependentes da idade. Para tal fim, Sands e Landsberg (2002) e (Sands, 2004) sugerem o ajuste de modelos não lineares que são descritos a continuação pelas equações 4, 5 e 6. Para ajustar estes modelos utilizou-se o *software* Statística 7.0, mediante o procedimento (*Nonlinear Estimation\User-specified regression, custom loss function\Quasi-Newton*).

$$\sigma = \sigma_1 + (\sigma_0 - \sigma_1)e^{-(\ln 2)\left(\frac{idade}{t_\sigma}\right)^n} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\rho = \rho_1 + (\rho_0 - \rho_1)e^{-(\ln 2)\left(\frac{idade}{t_\rho}\right)^n} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$P_{BB} = P_{BB1} + (P_{BB0} - P_{BB1})e^{-(\ln 2)\left(\frac{idade}{t_{P_{BB}}}\right)^n} \quad (\text{Eq. 6})$$

em que:

$\sigma$  = área foliar específica, em m<sup>2</sup>/kg

$\sigma_0$  = área foliar específica na idade inicial do plantio, em m<sup>2</sup>/kg

$\sigma_1$  = área foliar específica em plantios com idade adulta, em  $m^2/kg$

$t_\sigma$  = idade na qual  $\sigma = \frac{1}{2} (\sigma_0 + \sigma_1)$ , em anos

$\rho$  = densidade da madeira, em  $t/m^3$

$\rho_0$  = densidade da madeira na idade inicial do plantio, em  $t/m^3$

$\rho_1$  = densidade da madeira em plantios com idade adulta, em  $t/m^3$

$t_\rho$  = idade na qual  $\rho = \frac{1}{2} (\rho_0 + \rho_1)$ , em anos

$P_{BB}$  = fração da massa de matéria seca de *stem* que corresponde aos galhos e à casca (*branch and bark fraction*)

$P_{BB0}$  = fração da massa de matéria seca de *stem* que corresponde aos galhos e à casca na idade inicial do plantio

$P_{BB1}$  = fração da massa de matéria seca de *stem* que corresponde aos galhos e à casca em plantios com idade adulta

$t_{PBB}$  = idade na qual  $P_{BB} = \frac{1}{2} (P_{BB0} + P_{BB1})$ , em anos

$n$  = potência ajustável

Neste trabalho os parâmetros das equações correspondentes à altura total ( $Ht$ ) e volume de *stem* foram obtidos conforme os modelos descritos por Sands (2004) que estão detalhados nas equações 7 e 8. Para o ajuste destes modelos utilizou-se o *software* Statistica 7.0, mediante o procedimento (*Nonlinear Estimation\*User-specified regression, custom loss function\Quasi-Newton).

$$Ht = a_H dap^{n_{HB}} N^{n_{HN}} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$Vs = a_V dap^{n_{VB}} N^{n_{VN}} \quad (\text{Eq. 8})$$

em que:

$Ht$  = altura total, em m

$Vs$  = volume de *stem*, em  $m^3/ha$

$dap$  = diâmetro à altura do peito = diâmetro a 1,30 m de altura

$N$  = número de árvores por hectare (*stand stocking*)

$a_H$ ,  $a_V$ ,  $n_{HB}$ ,  $n_{HN}$ ,  $n_{VB}$  e  $n_{VN}$  = parâmetros estimados a partir dos valores medidos

Cabe destacar, que segundo Sands (2004), no 3-PG, o volume de *stem* pode ser estimado alternativamente a partir da equação 9, levando em consideração a massa de matéria seca total de *stem* (WS), a densidade da madeira ( $\rho$ ) e a fração da massa de matéria seca de *stem* que corresponde aos galhos e à casca ( $P_{BB}$ ), sendo que estes últimos dois são obtidos a partir das relações empíricas citadas anteriormente (Eq. 5 e 6). Porém, este autor recomenda a utilização da equação 8 para calcular  $V_s$  devido às incertezas relacionadas aos efeitos da idade e do sítio que não são contempladas nas estimativas de  $\rho$  e  $P_{BB}$  (Eq. 5 e 6).

$$V_s = \frac{(1-P_{BB}) W_s}{\rho} \quad (\text{Eq. 9})$$

em que:

$V_s$  = volume de *stem*, em  $\text{m}^3/\text{ha}$

$P_{BB}$  = fração da massa de matéria seca de *stem* que corresponde aos galhos e à casca (*branch and bark fraction*)

WS = massa de matéria seca total de *stem*, em t/ha

$\rho$  = densidade da madeira, em  $\text{t}/\text{m}^3$

Todos os parâmetros descritos até o momento foram ajustados para *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e o híbrido de pino (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*). Por sua vez, os valores correspondentes aos outros parâmetros do 3-PG foram obtidos de dados de literatura para estas espécies ou espécies do mesmo gênero (Sands e Landsberg, 2002; Borges et al., 2012; Bryars et al., 2013; Gonzalez-Benecke et al., 2014, 2016).

### **3.9 Calibração e avaliação da eficiência do 3-PG para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina**

O processo de calibrar o 3-PG consiste em rodar o modelo em diferentes cenários para os quais foi parametrizado e comparar os valores medidos com os valores estimados. Assim, os parâmetros correspondentes a variáveis que não foram medidas podem ser ajustados com base em

valores observados em outros trabalhos na literatura, de maneira a que as saídas do modelo se aproximem mais dos valores medidos (Landsberg et al., 2003; Almeida et al., 2004).

Para realizar as calibrações do 3-PG neste trabalho, foram rodados deferentes cenários para comparar os valores estimados com os medidos em cada caso. Nas situações testadas para calibrar as parametrizações do modelo utilizaram-se registros climáticos dos últimos 30-40 anos de estações meteorológicas o mais próximas possíveis dos sítios amostrados e estabeleceu-se valores de FR (*Fertility rating*) de acordo com a capacidade produtiva do sítio, as análises de solo e os registros de campo feitos na hora de amostrar os solos. Desta maneira, comparam-se estimativas de variáveis de crescimento como: *dap*, massa de matéria seca de stem e de folhas/acículas, volume de lenho e incremento médio anual; com os valores medidos destas variáveis, fazendo ênfase nos registros observados em povoamentos que ainda não tinham sido desbastados. Nas calibrações feitas para cada caso, os valores de alguns parâmetros, e, ou, variáveis não medidas sofreram alterações na procura de diminuir os desvios entre os valores estimados e os medidos, de maneira a melhorar o ajuste do modelo.

Procurando que o ajuste entre os dados estimados e os medidos fosse o melhor possível, foram feitas algumas calibrações. Cabe destacar que estes ajustes realizaram-se unicamente em variáveis não medidas e principalmente nos parâmetros considerados de sensibilidade média ou alta a alterações como são: eficiência quântica máxima do dossel, máxima condutância da copa, fração máxima e mínima da produtividade primária líquida (PPL) destinada às raízes (Landsberg et al., 2003; Esprey et al., 2004; Sands, 2004). Em todos os casos os valores atribuídos nos ajustes destes parâmetros foram baseados em outras parametrizações feitas para a mesma espécie ou espécies do mesmo gênero (Sands e Landsberg, 2002; Borges et al., 2012; Bryars et al., 2013; Gonzalez-Benecke et al., 2014, 2016), sendo que na maioria das vezes optou-se por utilizar o mesmo valor sugerido nestas publicações, ou no seu defeito, valores muito próximos.

A eficiência do modelo foi testada por meio de regressão linear simples ( $Vs\ Est.\ 3-PG = \beta_0 + \beta_1 Vs\ Obs.$ ). Nesta etapa foram ajustadas, para cada uma das quatro parametrizações (correspondentes a *E. grandis*

(seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e Pino híbrido), equações de regressão entre o valor do volume de *stem* estimado pelo 3-PG (Vs Est. 3-PG) e o valor observado da mesma variável (Vs Obs.). Considerando que em um modelo hipotético ideal, o valor estimado pelo modelo é igual ao valor observado (neste exemplo, Vs Est. 3-PG = Vs Obs.), tem-se, portanto, que  $\beta_0 = 0$  e  $\beta_1 = 1$ . Dessa forma, foram testados pelo teste t a 5 % de significância, para cada situação, as hipóteses de  $\beta_0 = 0$  e  $\beta_1 = 1$ , tendo como embasamento teórico o fato de que para modelos processuais o importante é que  $\beta_1$  não seja estatisticamente diferente de 1, o que indica adequado tratamento do modelo aos processos envolvidos

### **3.10 Modelagem da distribuição de diâmetros de povoamentos de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina**

Para a realização desta fase do trabalho utilizou-se o banco de dados, com as características dendrométricas: *dap*, altura total, altura comercial, volume com e sem casca, peso do lenho, incremento médio anual por árvore e densidade da madeira. Os dados foram obtidos em parcelas de inventário e árvores-amostra abatidas para cubagem.

Os dados foram obtidos de um total de 31 parcelas temporárias medidas entre julho e agosto de 2015 (Quadros 2 a 5). A distribuição destas parcelas entre as culturas estudadas foi: oito parcelas de *E. grandis* (seminal), oito parcelas de *E. grandis* (clonal), nove parcelas de *P. taeda* e seis parcelas do Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*). Cada parcela continha de 54 a 123 árvores, sendo que o número de árvores medidas por parcela foi diretamente proporcional à densidade de árvores/ha presentes nesse momento. Foram medidas a circunferência a 1,3 m de altura (*cap*) de todas as árvores em cada parcela e feita a cubagem de uma árvore superior ( $\geq \bar{x} + s$ ), uma árvore média ( $\bar{x} - s < \bar{x} < \bar{x} + s$ ) e uma árvore inferior ( $\leq \bar{x} - s$ ), em cada parcela.

O software *FitFD* (sistema para ajuste de funções densidade de probabilidade – fdp), disponível em <http://neuroforest.ucoz.com/>, foi utilizado para ajuste de 54 funções, sendo selecionada a função Weibull de dois parâmetros. Esta seleção foi feita com base na aderência, distribuição dos resíduos e correlação de seus parâmetros com o diâmetro quadrático médio.

Os ajustes foram feitos pelo método da máxima verossimilhança. Conforme Campos e Leite (2017), a função Weibull de dois parâmetros é definida por:

$$f(X) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{X}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{X}{\beta}\right)^\gamma} \quad (\text{Eq. 10})$$

em que:

$\gamma$  = parâmetro de forma

$\beta$  = parâmetro de escala

$X$  = centro de classe de diâmetro

As estimativas dos parâmetros da função Weibull ( $\beta$  e  $\gamma$ ), foram consideradas como variáveis dependentes e correlacionadas, por meio de regressão, com características dos povoamentos: diâmetro quadrático médio ( $q$ ), diâmetro mínimo ( $D_{min}$ ) e diâmetro máximo ( $D_{max}$ ).

A função Weibull é utilizada para modelar distribuição de diâmetros em povoamentos florestais devido à sua flexibilidade, que permite moldar diferentes tendências de distribuição, desde uma exponencial até uma normal e pela facilidade de se correlacionar os seus parâmetros com características dos povoamentos (Campos e Leite, 2017). Conforme esses autores, o parâmetro  $\gamma$  é o responsável pela assimetria da distribuição. Por exemplo, quando  $\gamma = 1$  a distribuição é exponencial e quando  $\gamma = 3,6$  a distribuição se aproxima da normal. Já o parâmetro  $\beta$  controla as dimensões que a curva pode ter, para uma determinada forma definida por  $\gamma$ . Quanto maior o valor de  $\beta$ , mais dispersa se torna a curva.

Após alguns testes iniciais, em que foram testados diferentes modelos, como aqueles apresentados por Campos e Leite (2017), foram definidos os seguintes sistemas de equações:

Para *Pinus*:

$$\beta = \phi_0 + \phi_1 q + \varepsilon \quad (\text{Eq. 11})$$

$$\gamma = \phi_0 + \phi_1 (D_{max} - q) + \varepsilon \quad (\text{Eq. 12})$$

$$D_{max} = \phi_0 + \phi_1 q + \varepsilon \quad (\text{Eq. 13})$$

Para *Eucalyptus*:

$$\beta = \phi_0 + \phi_1 q + \varepsilon \quad (\text{Eq. 14})$$

$$\gamma = \phi_0 + \phi_1 D \min + \varepsilon \quad (\text{Eq. 15})$$

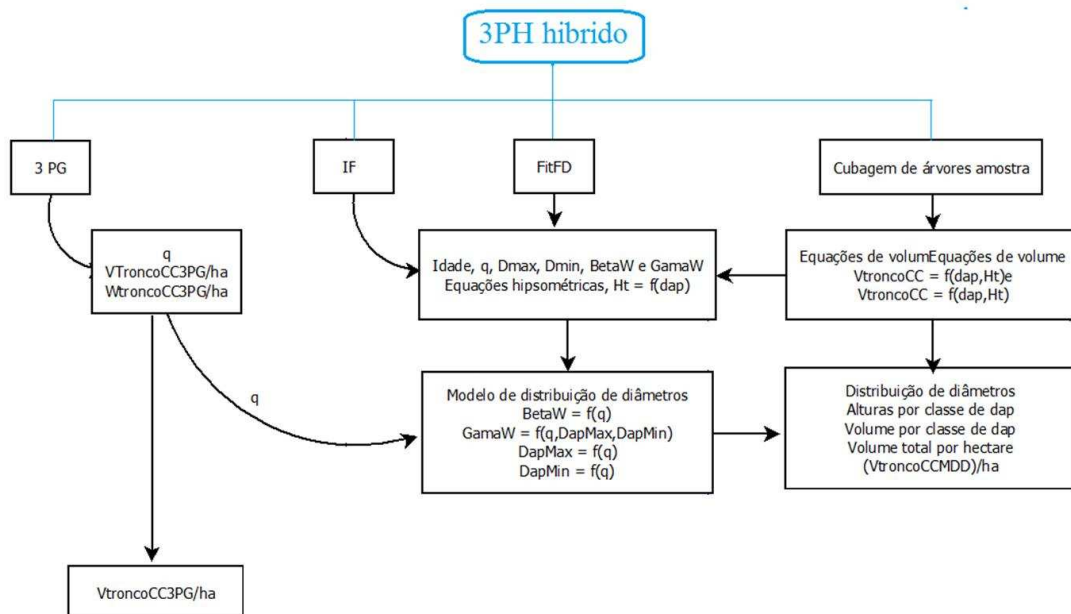
$$D \min = e^{\phi_0 + \phi_1 q^{-1}} + \varepsilon \quad (\text{Eq. 16})$$

em que:

$\phi_0$  e  $\phi_1$  = parâmetros

$\varepsilon$  = erro aleatório

De posse das equações obtidas pelo ajuste desses sistemas foi definida uma estrutura de modelo híbrido (modelo de distribuição de diâmetros + 3-PG), conforme ilustrado na figura 10 (a explicação em relação ao uso deste modelo híbrido com o 3-PG é detalhada no item 3.11). As equações hipsométricas e volumétricas indicadas nessa figura foram estimadas utilizando dados das árvores-amostra abatidas para cubagem. Os modelos hipsométricos escolhidos para estimar a altura para cada centro de classe de diâmetro foram Gompertz para *Eucalyptus* e Logístico para *Pinus*. Para estimação do volume do fuste (volume com casca), foi ajustado o modelo de Schumacher e Hall, conforme Campos e Leite (2017).



**Figura 10.** Estrutura do modelo híbrido desenvolvido ao acoplar o modelo de distribuição diamétrica ao modelo ecofisiológico 3-PG.

### 3.11 Acoplamento do modelo de distribuição diamétrica com o 3-PG

O modelo de manejo com desbastes utilizado nos plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina cria uma certa dificuldade na utilização do 3-PG quando se pretende obter estimativas condicentes com os valores medidos após o primeiro desbaste. Este fato se evidencia porque o 3-PG não possui um módulo onde possam ser contemplados desbastes realizados ao longo de uma rotação em povoamentos que são manejados desta forma.

Na procura de contornar este problema, pensamos na ideia de acoplar o uso de um modelo distribuição de diâmetros por meio do qual fosse possível conhecer a distribuição em classes diamétricas de um povoamento florestal em uma dada idade e com um determinado diâmetro quadrático médio. Assim, a logica consiste em rodar o 3-PG para um determinado cenário (conformado pela parametrização para a espécie em estudo, assim como os dados climáticos e do solo que caracterizem o local no qual se quer fazer a simulação) até a idade na qual se faz o primeiro desbaste (por exemplo, quatro anos) para essa realidade de espécie, local, plano de manejo, etc. Feito isso, utiliza-se o valor do diâmetro quadrático médio estimado pelo 3-PG para a idade final desta primeira rodada (por exemplo, o diâmetro quadrático médio estimado para a idade de quatro anos). A partir deste valor de diâmetro quadrático médio, e fixando um valor de  $D_{min}$  (os centros de classe do modelo de distribuição diamétrica estão definidos a partir deste  $D_{min}$  e são equidistantes a cada 1 cm), é possível estimar a quantidade de árvores existentes em cada classe de diâmetro devido à correlação existente entre os parâmetros  $\beta$  e  $\gamma$  de Weibull com o diâmetro quadrático médio,  $D_{min}$  e  $D_{max}$  (Equações 11 a 16).

Na sequência é feita a simulação de um 1<sup>er</sup> desbaste, eliminando as árvores das menores classes de diâmetro que representem uma determinada percentagem da área basal do povoamento nessa idade. Depois de simulado este 1<sup>er</sup> desbaste, a distribuição diamétrica das arvores remanescentes fica com a forma de uma curva truncada à esquerda. Neste momento, deve-se calcular um novo diâmetro médio ponderado a partir das árvores que permaneceram pós 1<sup>er</sup> desbaste.

Entre os dados de entrada com os quais o 3-PG deve ser alimentado encontram-se as massas de matéria seca das folhas, *stem* e raízes do povoamento na idade inicial, em t/ha (*Initial WF*, *WS* e *WR*, respectivamente). Para fazer uma segunda rodada do 3-PG, correspondente ao período entre o 1<sup>er</sup> e 2<sup>do</sup> desbaste, é necessário definir os valores iniciais de *WF*, *WS* e *WR*. Em primeiro lugar, os valores iniciais de *WF* e *WS* (em t/ha) são estimados fazendo uso de equações alométricas ajustadas a partir dos dados medidos neste trabalho (Equações 2 e 17) e multiplicando os valores obtidos, em kg/arv, pelo número de árvores remanescentes.

$$w_S = a_S dap^{n_S} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$w_F = a_F dap^{n_F} \quad (\text{Eq. 17})$$

em que:

$w_S$  = massa de matéria seca de *stem*, em kg/arv

$w_F$  = massa de matéria seca de folhas/acículas, em kg/arv

$dap$  = diâmetro à altura do peito = diâmetro a 1,30 m de altura

$a_S$  = constante na relação entre  $w_S$  e  $dap$

$n_S$  = potencia na relação entre  $w_S$  e  $dap$

$a_F$  = constante na relação entre  $w_F$  e  $dap$

$n_F$  = potencia na relação entre  $w_F$  e  $dap$

Por sua vez, o valor inicial de *WR* para as árvores remanescentes é definido multiplicando o valor de *WS* por um coeficiente que surge da relação *WR/WS* (estes últimos são saídas do 3-PG para a idade considerada, por exemplo, quatro anos).

Uma vez que os valores iniciais de *WF*, *WS* e *WR* foram substituídos pelos novos valores estimados para o povoamento remanescente e, o número de árvores atualizado em função do stand de plantas que ficou após o 1<sup>er</sup> desbaste, se faz uma segunda rodada do 3-PG pelo período de anos compreendido entre o 1<sup>er</sup> e 2<sup>do</sup> desbaste. Feito isso, obtem-se as saídas dos atributos estimados pelo 3-PG (massa de matéria seca de folhas, *stem* e raízes, diâmetro médio, volume de lenho, etc.) para a sequência de anos que começa imediatamente após o 1<sup>er</sup> desbaste e culmina na idade em que se faz o 2<sup>do</sup> desbaste. Neste momento devem-se calcular novamente os

valores iniciais de WF, WS e WR seguindo os passos descritos anteriormente.

Esta sequência se repete indefinidamente para os sucessivos desbastes e culmina com uma última rodada do 3-PG que deve ser feita para o período compreendido entre o último desbaste e o corte final do talhão.

### **3.12 Parametrização dos modelos de balanço nutricional para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina**

Foi realizada a parametrização de modelos de balanço nutricional para: *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e o Pino híbrido (*P. elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) com base nos dados gerados a partir do trabalho de campo realizado entre julho e agosto de 2015 na Província de Corrientes – Argentina.

Cada um destes modelos de balanço nutricional está constituído, de dois módulos, um referente ao requerimento e outro correspondente ao suprimento. Os módulos requerimento permitem chegar, em última instancia ao requerimento nutricional necessário para atingir uma meta de produtividade. Já os módulos suprimento permitem calcular o suprimento de nutrientes pelo solo. Fazendo o balanço entre o requerimento e o suprimento nutricional é determinada a necessidade, ou não, de recomendar uma adubação.

#### **3.12.1 Módulos requerimento**

Os dados utilizados para a parametrização dos módulos requerimento dos modelos de balanço nutricional foram coletados durante o trabalho de campo cujos sítios de amostragem estão detalhados no item 3.4 (Quadros 2 a 5). A descrição das etapas de: cubagem, amostragem, preparo de amostras e análises de tecidos vegetais, encontram-se especificadas nos itens 3.5 e 3.7.1.

Com base nos dados de cubagem, ajustaram-se modelos potenciais e exponenciais (Equações 18 a 23) para as variáveis dependentes *mMSF*, *mMSG*, *mMSL*, *mMSC* e *mMSTr* em função do *dap*, utilizando para tal fim *software* Microsoft Excel® 2010.

$$mMSF \text{ ou } mMSA = a \text{ dap}^b \quad (\text{Eq. 18})$$

$$mMSF \text{ ou } mMSA = a e^{b \text{ dap}} \quad (\text{Eq. 19})$$

$$mMSG = a \text{ dap}^b \quad (\text{Eq. 20})$$

$$mMSL = a \text{ dap}^b \quad (\text{Eq. 21})$$

$$mMSC = a \text{ dap}^b \quad (\text{Eq. 22})$$

$$mMSTr = a \text{ dap}^b \quad (\text{Eq. 23})$$

em que:

$mMSF$  = massa de matéria seca de folhas, em kg/arv

$mMSA$  = massa de matéria seca de acículas, em kg/arv

$mMSG$  = massa de matéria seca de galhos, em kg/arv

$mMSL$  = massa de matéria seca de lenho, em kg/arv

$mMSC$  = massa de matéria seca de casca, em kg/arv

$mMSTr$  = massa de matéria seca de tronco, em kg/arv

$dap$  = diâmetro à altura do peito = diâmetro a 1,30 m de altura, em cm

$a$  e  $b$  = coeficientes empíricos de ajuste das equações

$e$  = número de Euler (2,71828)

Desta maneira, conhecendo o  $dap$  é possível estimar a massa de matéria seca de cada componente por árvore. Logo, ao multiplicar estes valores, expressos em kg/arv, pelo número de árvores/ha, de um dado cenário, obtém-se os valores correspondentes à massa de matéria seca de cada órgão, considerando o povoamento como um todo.

Por sua vez, a partir dos conteúdos de macro (em g/árvore) e micronutrientes (em mg/árvore) determinados para os diferentes órgãos (folhas, galhos, lenho, casca e tronco), e também utilizando o  $dap$  como variável independente, foram ajustados modelos potenciais, exponenciais e lineares (Equações 24 a 26) para estimar os conteúdos de nutrientes nos órgãos das árvores. Para realizar os ajustes também foi utilizado o *software* Microsoft Excel® 2010.

$$Cont_{.i_x} = a dap^b \quad (\text{Eq. 24})$$

$$Cont_{.i_x} = a e^{b dap} \quad (\text{Eq. 25})$$

$$Cont_{.i_x} = a + b dap \quad (\text{Eq. 26})$$

em que:

$Cont_{.i_x}$  = conteúdo de um nutriente “  $i$  ” (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn ou B), em um órgão “  $x$  ” (folhas/acículas, galhos, lenho, casca ou tronco)

$dap$  = diâmetro à altura do peito = diâmetro a 1,30 m de altura, em cm

$a$  e  $b$  = coeficientes empíricos de ajuste das equações

Assim, é possível estimar para qualquer valor de  $dap$  a quantidade de massa de matéria seca e conteúdos de macro e micronutrientes dos componentes da parte aérea de árvores.

Na sequência, multiplicando os valores de massa de matéria seca e conteúdos de nutrientes de cada órgão, estimados inicialmente por árvore, pela densidade de plantio (em árvores/ha), é possível estimar as massas de matéria seca e conteúdos de nutrientes totais, por órgão, de um povoamento com um  $dap$  qualquer. Logo, fazendo os somatórios dos valores obtidos por hectare para cada órgão obtem-se as massas de matéria seca e conteúdos de nutrientes totais do povoamento.

A demanda de cada nutriente é equivalente ao conteúdo do nutriente estimado por hectare. Para calcular as demandas dos respectivos nutrientes se estabelece um valor de  $dap$  alvo que se pretende atingir a uma determinada idade e com base nesse  $dap$  são estimados os conteúdos de nutrientes (que equivalem às demandas).

Os valores de  $dap$  podem ser:

- Estabelecidos pelo manejador florestal com base na experiência e conhecimento dos sítios;
- Obtidos a partir de modelagem com o 3-PG

Vale destacar que, o  $dap$  é uma característica tipicamente medida em povoamentos florestais e que expressa o crescimento das árvores. Este

atributo possui maior grau de universalidade, levando a uma maior capacidade de extrapolação que a a idade cronológica das árvores.

Deste modo, estimando os conteúdos de nutrientes necessários para uma determinada produtividade “alvo”, é possível calcular a demanda nutricional do povoamento (nutriente por nutriente). Considerando uma situação hipotética na qual o solo não consiga suprir nutriente algum, deve-se adubar para suprir a demanda de nutrientes estimada. No entanto, outro aspecto a ser levado em consideração é que na realidade as plantas não conseguem recuperar a totalidade de cada nutriente disponibilizado via fertilizante. A quantidade de nutriente efetivamente recuperada por uma planta varia dependendo do nutriente, da dose e da espécie.

A taxa de recuperação pela planta de cada nutriente ( $TR_{pl}$ ) é a quantidade de um dado nutriente que determinada cultura consegue efetivamente recuperar do total que for aplicado ao solo via adubo. Deste modo, para conhecer a quantidade de cada nutriente que realmente precisa uma cultura para atingir uma determinada produtividade, deve-se dividir a demanda de cada nutriente pela  $TR_{pl}$  do respectivo nutriente de maneira a obter o que se conhece como requerimento nutricional. Este pode ser considerado uma demanda nutricional corrigida em função da capacidade da cultura de recuperar cada nutriente. Neste trabalho optou-se por utilizar as  $TR_{pl}$  descritas por Stahringer (2013), que são apresentadas nos quadros 6 e 7, para macro e micronutrientes, respectivamente.

**Quadro 6.** Taxa de recuperação pela planta do nutriente aplicado ao solo via fertilizante ( $TR_{pl}$ ), em percentagem, para macronutrientes

Nutriente	Equação	R <sup>2</sup>
N	$TR_{pl\_N}^{1/} = 0,623955 e^{-0,0028 DN (Parc./100)}$ $\forall 30 \leq DN \leq 240$ kg/ha de N	-
P	$TR_{pl\_P}^{2/} = (0,04508^{***} e^{0,0347 P\text{-rem}}) Fc$ $\forall 2,58 \leq P\text{-rem} \leq 40,18$ Sendo Fc = 1 para adubação a lanço, e Fc = 4,2 - 0,04 P-rem para adubação no sulco.	0,837
K	$TR_{pl\_K}^{2/} = 0,816955 e^{-0,0015 DK (Parc./100)}$ $\forall 30 \leq DK \leq 220$ kg/ha de K <sub>2</sub> O	-
Ca	$TR_{pl\_Ca}^{3/} = 0,48 - 0,0002^{**}DCa$ $\forall 30 \leq DCa \leq 1000$ kg/ha de Ca	0,886
Mg	$TR_{pl\_Mg}^{3/} = 0,68 - 0,0004^{**}DMg$ $\forall 21 \leq DMg \leq 700$ kg/ha de Mg	0,891
S	$TR_{pl\_S}^{2/} = 0,38508 e^{0,0101 P\text{-rem}}$ $\forall 2 \leq P\text{-rem} \leq 55$	-

<sup>1/</sup> Feigenbaum et al., 1987; Mattos Jr et al., 2003; Quiñones et al., 2003; Boaretto et al., 2007. <sup>2/</sup> Adaptado de Santos et al., 2008. <sup>3/</sup> Adaptado de Freire, 2001. DN = dose de N. DK = dose de K. DCa = dose de Ca. DMg = dose de Mg. Parc. = parcela em %. P-rem = teor de P da solução de equilíbrio, determinado após a agitação por uma hora de TFSA com CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação solo:solução 1:10 (Alvarez V. et al., 2000). \*\*, \*\*\* Significativo a 1 e 0,1 %  
Fonte: Stahringer (2013)

**Quadro 7.** Taxa de recuperação pela planta do nutriente aplicado ao solo via fertilizante ( $TR_{pl}$ ), em percentagem, para micronutrientes

Nutriente	Equação	R <sup>2</sup>
B	$TR_{pl\_B}^{1/} = 0,211$	-
Cu	$TR_{pl\_Cu}^{2/} = 0,1 - 0,1418^{**}DCu$ $\forall 0,009 \leq DCu \leq 0,35$ kg/ha de Cu	0,970
Fe	$TR_{pl\_Fe}^{3/} = 0,05$	-
Mn	$TR_{pl\_Mn}^{3/} = 0,05$	-
Zn	$TR_{pl\_Zn}^{2/} = 0,05 - 0,1136^{**}DZn + 0,0618^{**}DZn^2 + 0,002^{**}P\text{-rem} - 0,00001^{**}P\text{-rem}^2$ $\forall 0,028 \leq DZn \leq 0,700$ kg/ha	0,987

<sup>1/</sup> Boaretto et al., 2011. <sup>2/</sup> Adaptado de Freire, 2001. <sup>3/</sup> Santos et al., 2008. DCu = dose de Cu. DZn = dose de Zn. P-rem = teor de P da solução de equilíbrio, determinado após a agitação por uma hora de TFSA com CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação solo:solução 1:10 (Alvarez V. et al., 2000). \*\*, Significativo a 1 %  
Fonte: Stahringer (2013)

### 3.12.2 Módulo suprimento

Para conhecer a quantidade de cada nutriente suprido pelo solo deve-se levar em consideração a profundidade efetiva explorada pelas raízes da cultura, o teor do nutriente e a taxa de recuperação pelo extrator de cada nutriente ( $TR_{ext}$ ). Esta taxa serve para ter uma noção real de quanto do nutriente que originalmente se encontra no solo ou quanto do nutriente que é aplicado ao solo via fertilizante, efetivamente é recuperado pelo extrator. Valores de  $TR_{ext}$  cotidianamente utilizados nos laboratórios brasileiros para as análises de solos deste País, se encontram detalhadas em Stahringer (2013).

Para ter uma noção real do cenário, consultaram-se em primeiro lugar as empresas florestais que participam desta pesquisa, em relação a quais são os laboratórios onde enviam suas amostras para análises. Logo, entramos em contato com os respectivos laboratórios para consultar quais são os métodos utilizados para analisar solos. Após fazer este levantamento dos métodos utilizados por diversos laboratórios de análises de solos da Argentina, e um do Paraguai, foi observado que alguns dos métodos de análises são os mesmos que se usam no Brasil, enquanto que outros diferem. Considerando também que seria adequado ter  $TR_{ext}$  obtidas para solos da Argentina, foi montado um experimento para obter estas taxas com solos amostrados durante o trabalho para tal fim.

Os solos utilizados no experimento foram amostrados na camada de 0 – 20 cm em oito sítios de amostragem distribuídos pela Província de Corrientes, seguindo o método indicado no item 3.6.2. Para caracterizar as amostras, estas foram analisadas como foi indicado no item 3.7.3. Os resultados das análises destes solos são apresentados nos quadros 8 a 10.

**Quadro 8.** Resultados das análises de solo feitas com os métodos usados nos laboratórios de rotina no Brasil

Solo	pH H <sub>2</sub> O	MOS <sup>1/</sup>	P <sup>2/</sup>	K <sup>3/</sup>	Ca <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	Mg <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	Al <sup>3+ 4/</sup>	H + Al <sup>5/</sup>	t	T	P-rem
		dag/kg	- mg/dm <sup>3</sup> -		cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				mg/L		
1	4,05	1,59	14,2	12,9	0,1	0,1	1,5	4,0	1,62	4,20	42,8
2	4,72	0,25	10,1	13,9	0,2	0,1	0,5	1,2	0,75	1,52	51,0
3	4,95	0,65	3,1	39,9	0,5	0,2	0,3	1,2	0,96	2,22	48,5
4	5,14	1,05	2,9	38,9	1,7	1,1	0,3	1,8	2,60	5,50	43,2
5	4,68	1,25	2,8	11,9	1,0	0,2	1,1	3,4	2,25	5,17	33,2
6	4,64	2,87	2,5	41,9	2,8	2,1	1,4	6,1	5,91	12,39	19,8
7	4,49	3,54	2,2	16,9	0,4	0,2	2,8	7,5	3,42	8,24	8,2
8	4,58	3,47	2,6	54,8	2,2	1,9	2,5	8,5	6,40	12,89	14,3

<sup>1/</sup> Método Walkley & Black; <sup>2/</sup> Fósforo disponível, método Mehlich-1; <sup>3/</sup> Potássio disponível, método Mehlich-1; <sup>4/</sup> Método KCl 1 mol/L; <sup>5/</sup> Método Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol/L a pH 7; <sup>6/</sup> Teor de P da solução de equilíbrio, determinado após a agitação por uma hora de TFSA com CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação solo:solução 1:10 (Alvarez V. et al., 2000).

**Quadro 9.** Resultados das análises de solo feitas com os métodos usados nos laboratórios de rotina na Argentina

Solo	P <sup>1/</sup>	K <sup>2/</sup>	Ca <sup>2+ 2/</sup>	Mg <sup>2+ 2/</sup>	Na <sup>+ 2/</sup>
	mg/kg	cmol <sub>c</sub> /kg <sup>3/</sup>			
1	11,21	0,02	0,05	0,03	0,04
2	7,77	0,02	0,14	0,04	0,02
3	1,61	0,07	0,49	0,07	0,03
4	1,73	0,08	1,68	0,52	0,03
5	1,72	0,03	0,95	0,07	0,08
6	2,43	0,13	3,23	1,16	0,03
7	0,72	0,05	0,42	0,11	0,05
8	1,13	0,18	2,54	1,10	0,04

<sup>1/</sup> Fósforo disponível, método Bray & Kurtz-1; <sup>2/</sup> Método Acetato de amônio 1 mol/L a pH 7.  
<sup>3/</sup> 1 cmol<sub>c</sub>/kg = 1 meq/100 g

**Quadro 10.** Resultados das análises para caracterização física do solo

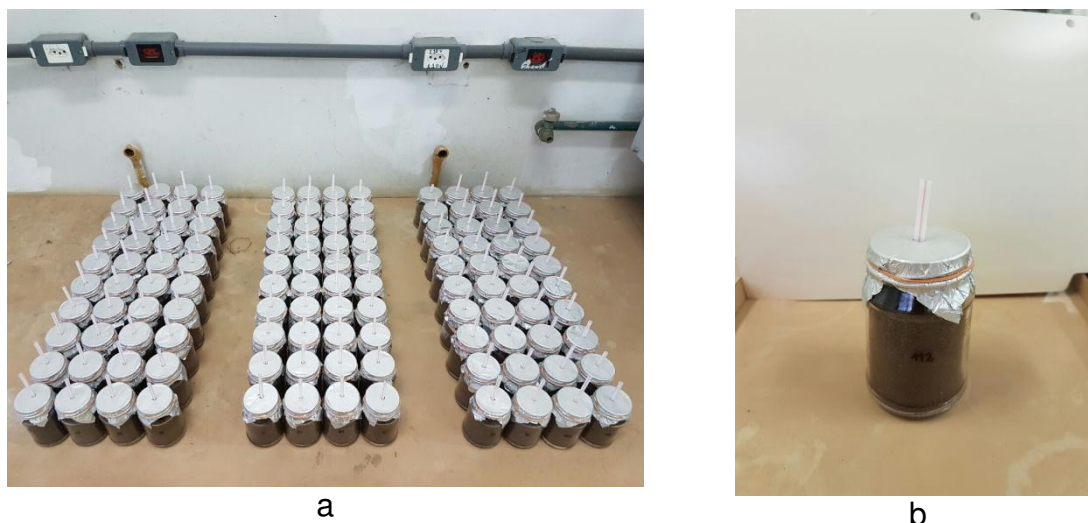
Solo	Análise Granulométrica (Textura)					Classes texturais dos solos <sup>1/</sup>	Densidade do solo <sup>2/</sup> kg/dm <sup>3</sup>
	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila		
	----- % -----						
1	39,5	51,6	91,0	1,1	7,9	Areia	1,64
2	63,6	31,4	95,0	0,2	4,8	Areia	1,34
3	59,0	25,6	84,5	8,5	6,9	Areia franca	1,48
4	66,5	11,5	78,0	9,8	12,2	Franco arenoso	1,59
5	54,2	10,2	64,3	25,8	9,9	Franco arenoso	1,58
6	4,4	4,5	8,9	38,9	52,1	Argila	1,38
7	13,1	2,9	15,9	43,6	40,5	Argila siltosa	1,16
8	2,8	2,1	4,9	25,9	69,1	Muito argilosa	1,14

<sup>1/</sup> Classificação feita segundo o diagrama textural baseado no sistema Norte Americano de classificação do tamanho das partículas, adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Ferreira, 2010). <sup>2/</sup> 1 kg/dm<sup>3</sup> = 1 g/cm<sup>3</sup>

O experimento foi instalado com o objetivo de obter as taxas de recuperação pelos extratores: Mehlich-1<sup>k</sup>, Bray & Kurtz-1<sup>l</sup>, KCl 1 mol/L<sup>m</sup> e acetato de amônio 1 mol/L a pH 7<sup>n</sup>; para os nutrientes: P, K, Ca e Mg. Para tal fim, a condução do experimento foi realizada no laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Viçosa entre outubro e novembro de 2016.

Os tratamentos foram arranjados em um esquema fatorial 8 × 5, sendo oito solos e cinco doses (de cada nutriente), com três repetições, em um delineamento inteiramente casualizado (Figura 11a). Cada unidade experimental foi constituída de um frasco de vidro contendo 0,1 dm<sup>3</sup> de solo (TFSA), coberto com papel alumínio, com um orifício no meio onde foi inserido um segmento de canudo para permitir trocas gasosas (Figura 11b).

Os solos foram divididos em dois grupos. Um primeiro grupo formado por solos arenosos, cuja percentagem de areia fosse maior que 60 % e que apresentaram valores de P-rem superior a 30 mg/L. O segundo grupo foi formado por solos argilosos, sendo a percentagem de argila destes solos maior que 40 %, e os valores de P-rem inferiores a 20 mg/L.



**Figura 11.** (a) Experimento montado com os solos em processo de incubação após ter recebido as doses crescentes de P, K, Ca e Mg. (b) unidade experimental.

<sup>k</sup> Utilizado para determinar P e K no Brasil.

<sup>l</sup> Utilizado para determinar P na Argentina.

<sup>m</sup> Utilizado para determinar Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> no Brasil.

<sup>n</sup> Utilizado para determinar K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> na Argentina.

As doses de P, K, Ca e Mg foram definidas de maneira que correspondem aos níveis 0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,25 da dose recomendada em cada caso, que equivale ao nível 1. Estas doses encontram-se detalhadas nos quadros 11 a 14. Para fins de simplificar a parte operativa da aplicação dos tratamentos, foram definidas doses únicas por grupo de solos (Quadros 11 a 14).

**Quadro 11.** Níveis e doses de P definidas com base no P-rem conforme (Alvarez V. et al., 2000)

Grupo	Solo	Níveis de P				
		0	0,25	0,50	0,75	1,25
		Doses de P <sup>1/</sup>				
		----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
Arenosos	1	0	75	150	225	375
	2	0	75	150	225	375
	3	0	75	150	225	375
	4	0	75	150	225	375
	5	0	75	150	225	375
Argilosos	6	0	125	250	375	625
	7	0	125	250	375	625
	8	0	125	250	375	625

<sup>1/</sup> Doses de P correspondente ao nível 1 foram de 300 e 500 mg/dm<sup>3</sup> para solos arenosos e argilosos, respectivamente.

**Quadro 12.** Níveis e doses de K definidas com base no valor de T

Grupo	Solo	Níveis de K				
		0	0,25	0,50	0,75	1,25
		Doses de K <sup>1/</sup>				
		----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
Arenosos	1	0	40	80	120	200
	2	0	40	80	120	200
	3	0	40	80	120	200
	4	0	40	80	120	200
	5	0	40	80	120	200
Argilosos	6	0	70	140	210	350
	7	0	70	140	210	350
	8	0	70	140	210	350

<sup>1/</sup> Doses de K correspondente ao nível 1 foram de 160 e 280 mg/dm<sup>3</sup> para solos arenosos e argilosos, respectivamente.

**Quadro 13.** Níveis e doses de Ca definidas com base na necessidade de calagem (NC)

Grupo	Solo	Níveis de Ca				
		0	0,25	0,50	0,75	1,25
		Doses de Ca <sup>1/</sup>				
		----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
Arenosos	1	0	40	80	120	200
	2	0	40	80	120	200
	3	0	40	80	120	200
	4	0	40	80	120	200
	5	0	40	80	120	200
Argilosos	6	0	80	160	240	400
	7	0	80	160	240	400
	8	0	80	160	240	400

<sup>1/</sup> Doses de Ca correspondente ao nível 1 foram de 160 e 320 mg/dm<sup>3</sup> para solos arenosos e argilosos, respectivamente. Estas doses equivalem a 4/5 (considerando uma relação 4:1 de Ca:Mg) de 1 e 2 t/ha de CaCO<sub>3</sub> que foram as NC calculadas para os solos arenosos e argilosos, respectivamente.

**Quadro 14.** Níveis e doses de Mg definidas com base na necessidade de calagem (NC)

Grupo	Solo	Níveis de Mg				
		0	0,25	0,50	0,75	1,25
		Doses de Mg <sup>1/</sup>				
		----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
Arenosos	1	0	6	12	18	30
	2	0	6	12	18	30
	3	0	6	12	18	30
	4	0	6	12	18	30
	5	0	6	12	18	30
Argilosos	6	0	12	24	36	60
	7	0	12	24	36	60
	8	0	12	24	36	60

<sup>1/</sup> Doses de Mg correspondente ao nível 1 foram de 25 e 48 mg/dm<sup>3</sup> para solos arenosos e argilosos, respectivamente. Estas doses equivalem a 1/5 (considerando uma relação 4:1 de Ca:Mg) de 1 e 2 t/ha de CaCO<sub>3</sub> que foram as NC calculadas para os solos arenosos e argilosos, respectivamente.

As fontes usadas para aplicar os nutrientes P, K, Ca e Mg foram NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (MAP), KCl, CaCl<sub>2</sub> 2 H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>, respectivamente. Fazendo uso destas fontes, e com água ultrapura, preparam-se soluções que foram utilizadas para aplicar os diferentes tratamentos. Imediatamente após a aplicação das soluções nutritivas correspondentes, e considerando a quantidade de água colocada via solução nutritiva, procedeu-se a completar o umedecimento dos solos de maneira a atingir a umidade referente à Capacidade de Campo (CC). Previamente tinha sido calculada a CC de cada solo (Equação 27) com base no equivalente de umidade (EU) conforme Ruiz et al. (2003).

$$CC = 0,081 + 0,888 EU \quad (\text{Eq. 27})$$

A incubação dos solos foi por um período de 24 d. No decorrer desse tempo as unidades experimentais foram pesadas em três oportunidades para constatar a ocorrência, ou não, de perda de umidade por parte dos solos. Devido às condições de laboratório nas quais foi conduzido o experimento, as perdas de umidade foram ínfimas, o que levou a que não fosse necessário adicionar água aos solos no decorrer do período de incubação.

### **3.13 Obtenção das normas para a parametrização dos modelos de diagnose nutricional para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina**

Para a obtenção das normas foram utilizados os dados das análises foliares provenientes das amostras de *Pinus* e *Eucalyptus* coletadas entre julho e agosto de 2015 em Corrientes – Argentina (os sítios onde foram feitas as amostragens estão detalhados nos quadros 2 a 5). A amostragem deste órgão em cada árvore foi feita tomando aleatoriamente subamostras do total de folhas/acículas que tinham sido retiradas de toda a copa. Desta maneira, para cada árvore tomou-se uma amostra composta de folhas/acículas de aproximadamente 120 g. Maiores detalhes em relação ao processamento das amostras e análises foliares encontram-se nos itens 3.5 e 3.7.1 deste trabalho.

Em primeiro lugar foram obtidas as populações de referência, que são representadas pela população de alta produtividade. Neste trabalho, considerou-se que as árvores das classes diamétricas superior ( $\geq \bar{x} + s$ ) e média ( $\bar{x} - s < \bar{x} < \bar{x} + s$ ) são as que representam a população de alta produtividade dentro dos talhões amostrados. Foram considerados todos os talhões amostrados com exceção dos dois talhões de *E. grandis* (clonal) do centro-oeste de Corrientes (primeiros dois talhões no Quadro 5) devido a que estes apresentavam teores de Mn muito elevados. Desta forma, obtiveram-se as populações de referência específicas para cada espécie/híbrido que foi estudado. A partir destas foram obtidas duas populações de referência gerais. Uma correspondente a *E. grandis* formada ao agrupar as populações de *E. grandis* (seminal) e *E. grandis* (clonal) e a

outra referente a *Pinus* obtida ao juntar as populações de *P. taeda* e Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*).

Partindo das populações de referência obtidas foram geradas as normas Kenworthy e DRIS tanto para as populações gerais quanto para as específicas. As normas do método Kenworthy (Kenworthy, 1961) foram obtidas com base na média e na variabilidade (coeficiente de variação) dos teores foliares de cada população de referência. Entanto que, as normas para uso no método DRIS (Beaufils, 1973) foram obtidas a partir das médias e da variabilidade (desvio padrão) das relações duais. Vale lembrar, que as relações duais são quocientes entre o teor foliar de um determinado nutriente em relação aos teores de cada um dos outros nutrientes, sempre entre dois nutrientes, e que se consideram tanto as relações na forma direta quanto na forma inversa de todos os nutrientes entre si.

### **3.14 Avaliação da universalidade das normas**

Para avaliar o grau de universalidade das normas Kenworthy e DRIS obtidas, foram comparadas as médias das normas gerais vs as médias das normas específicas (pelo teste de *t* bilateral,  $p < 0,05$ ) e a homogeneidade de variância entre as populações gerais e suas respectivas populações específicas (pelo teste de *F*,  $p < 0,05$ ). Sempre comparando cada população geral com as específicas que a constituíram (por exemplo, normas gerais de *E. grandis* com as normas específicas *E. grandis* (seminal) e *E. grandis* (clonal)), conforme Fernandes (2010).

### **3.15 Faixas de suficiência de teores foliares pelo método Kenworthy**

A partir das normas obtidas para o método Kenworthy estabeleceram-se os limites das classes de suficiência para os teores foliares levando em consideração os limites estabelecidos para os valores dos índices balanceados (IBKW) das classes de balanço propostas por Kenworthy (1961). Cabe destacar que a classe normal foi subdividida nas classes suficiente e alto. Assim, os valores dos IBKW correspondentes aos limites das classes de balanço para cada nutriente encontram-se detalhados a continuação:

- IBKW < 50 % → Deficiente;

- $50 \leq \text{IBKW} < 83 \%$  → Tendência a suficiente;
- $83 \leq \text{IBKW} < 100 \%$  → Suficiente;
- $100 \leq \text{IBKW} < 117 \%$  → Alto;
- $117 \leq \text{IBKW} < 150 \%$  → Tendência a excessivo;
- $150 \% \leq \text{IBKW}$  → Excessivo.

Os valores de IBKW foram calculados com base nas equações 28 a 30.

$$P = 100 \frac{Y_i}{\bar{y}} \quad (\text{Eq. 28})$$

$$I = \frac{CV(Y_i - \bar{y})}{\bar{y}} \quad (\text{Eq. 29})$$

$$\text{IBKW} = P - I \quad (\text{Eq. 30})$$

em que:

P = proporção, em %, entre  $Y_i$  e  $\bar{y}$ ;

$Y_i$  = teor do nutriente na amostra;

$\bar{y}$  = teor ótimo do nutriente;

I = influência da variação, em %;

CV = coeficiente de variação do teor do nutriente na população de referência, em %.

### 3.16 Faixas de suficiência para os índices DRIS

Os valores dos índices DRIS dos nutrientes, expressos em unidades de desvio padrão, foram dispostos em faixas de suficiência. Porém, cabe destacar que foi feita uma modificação nas faixas propostas por Beaufils, no sentido que a classe normal (compreendida entre -0,66 e 0,66 desvios padrão em relação ao ponto ótimo) ficou subdividida nas classes suficiente e alto. Deste modo, os valores dos índices DRIS correspondentes aos limites das classes de equilíbrio para cada nutriente encontram-se detalhados a continuação:

- Índice DRIS  $< -1,33$  → Deficiente;
- $-1,33 \geq$  Índice DRIS  $< -0,66$  → Tendência a suficiente;
- $-0,66 \geq$  Índice DRIS  $< 0,00$  → Suficiente;
- $0,00 \geq$  Índice DRIS  $< 0,66$  → Alto;
- $0,66 \geq$  Índice DRIS  $< 1,33$  → Tendência a excessivo;

- Índice DRIS  $\geq 1,33 \rightarrow$  Excessivo.

Para a obtenção dos índices DRIS, primeiramente com base nas normas DRIS, foi calculado o afastamento entre o valor de cada relação dual em um dado talhão sob diagnose e a média da respectiva relação dual na população de referência, levando-se em conta, também, o respectivo desvio-padrão, conforme Jones (1981). Assim, obtiveram-se os afastamentos estudentizados, expressos em unidades de desvio-padrão, conforme a equação 31 (Alvarez V. e Leite, 1999).

$$z(A/B) = \frac{[(A/B)-(a/b)]}{s} \quad (\text{Eq. 31})$$

em que:

A/B = relação dual entre os teores dos nutrientes A e B no talhão sob diagnose;

a/b = média das relações duais entre os teores dos nutrientes A e B na população de referência;

s = desvio padrão das relações duais dos nutrientes A e B na população de referência;

z(A/B) = afastamento estudentizado entre o valor da relação dual dos nutrientes A e B no talhão sob diagnose (A/B) e a média do valor da relação dual entre os nutrientes A e B da população de referência (a/b), expresso em unidades de desvio- padrão.

Desta maneira, o cálculo do índice DRIS de cada nutriente foi feito pela média aritmética dos afastamentos estudentizados das relações entre os nutrientes A e B, na sua forma direta (A/B) e inversa (B/A), segundo Alvarez V. e Leite (1999), expresso na equação 32.

$$IA = \frac{[z(A/B)-z(B/A)+z(A/C)-z(C/A)+ \dots +z(A/N)-z(N/A)]}{n} \quad (\text{Eq. 32})$$

em que:

IA = índice DRIS do nutriente;

z = média dos afastamentos estudentizados (z(A/B) e z(B/A)), sendo estas as funções DRIS nas formas diretas e inversas, respectivamente;

n = número de afastamentos estudentizados considerados.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parametrização e calibração do modelo 3-PG para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes - Argentina

As equações ajustadas, na fase de parametrização do 3-PG, seguiram os modelos constantes do código do *software* do referido modelo ecofisiológico e são apresentadas no Apêndice A deste trabalho. Com base nessas equações, e na literatura (Sands e Landsberg, 2002; Borges et al., 2012; Bryars et al., 2013; Gonzalez-Benecke et al., 2014, 2016), foram obtidas as quatro parametrizações para o modelo 3-PG em Corrientes - Argentina: 1) *E. grandis* (seminal), 2) *E. grandis* (clonal), 3) *P. taeda* e 4) Pino híbrido. Estas parametrizações encontram-se nos quadros 15 e 16 correspondentes a *Eucalyptus* e *Pinus*, respectivamente. Nestes quadros pode-se observar na coluna “fonte”, se o valor do parâmetro foi estimado com base nos ajustes feitos neste trabalho, ou a referência de o valor foi obtido.

Por sua vez, dentre os valores ajustados neste trabalho para as quatro parametrizações (Quadros 15 e 16), a maioria deles ( $p_2$ ,  $p_{20}$ ,  $a_s$ ,  $n_s$ ,  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$ ,  $t_\sigma$ ,  $t_C$ ,  $P_{BB0}$ ,  $P_{BB1}$ ,  $t_{BB}$ ,  $\rho_0$ ,  $\rho_1$ ,  $t_p$ ,  $a_H$ ,  $n_{HB}$ ,  $n_{HN}$ ,  $a_V$ ,  $n_{VB}$  e  $n_{VN}$ ) foram obtidos a partir dos ajustes de equações feitos com base nos valores medidos para cada espécie/híbrido. Entretanto que, valores de outros parâmetros foram obtidos por meio de ajustes “*tunning*”. Por exemplo, os valores das frações máxima e mínima da produtividade primária líquida (PPL), destinados às raízes de *E. grandis* (seminal e clonal), foram estimados tendo como referências os trabalhos de Almeida et al. (2004); Silva (2006); Borges et al. (2012) para *E. grandis* (clonal) e o trabalho de Sands e Landsberg (2002) para *E. grandis* (seminal). Considerou-se para estes parâmetros que o eucalipto seminal destina uma maior fração da PPL para as raízes que o clonal. Nas parametrizações de eucalipto (Quadro 15) também foi feito um ajuste do parâmetro eficiência quântica máxima do dossel ( $\alpha_{Cx}$ ) na fase de calibração, de maneira a melhorar as estimativas. Este parâmetro, que não foi medido neste trabalho, é utilizado habitualmente como variável de ajuste na fase de calibração devido a que é um dos mais influentes segundo tem sido demonstrado em análises de sensibilidade do 3-PG (Landsberg e Waring, 1997; Esprey et al., 2004; Stape et al., 2004).

**Quadro 15.** Descrição e valores dos parâmetros do modelo 3-PG para *E. grandis* (seminal e clonal) obtidos após a parametrização e calibração feitas neste trabalho

Significado/descrição	Símbolo <sup>1/</sup>	Nome <sup>1/</sup>	Unidade	Seminal	Clonal	Fonte
<b><i>Partição de biomassa e "turnover"</i></b>						
<b><i>Relações alométricas e partição</i></b>						
Partição folha/"stem" para <i>dap</i> = 2 cm	$p_2$	pFS2	-	0,8341	1,2447	Este trabalho
Partição folha/"stem" para <i>dap</i> = 20 cm	$p_{20}$	pFS20	-	0,1090	0,0983	Este trabalho
Constante na relação entre massa do "stem" vs <i>dap</i>	$a_S$	StemConst	-	0,0683	0,0654	Este trabalho
Potência na relação entre massa do "stem" vs <i>dap</i>	$n_S$	StemPower	-	2,5272	2,5040	Este trabalho
Fração máxima da PPL para raízes	$\eta_{Rx}$	pRx	-	0,8	0,6	Este trabalho
Fração mínima da PPL para raízes	$\eta_{Rn}$	pRn	-	0,2	0,15	Este trabalho
<b><i>Queda de "litter" e "turnover" de raízes</i></b>						
Taxa de queda de "litter" para plantios em idade adulta	$\gamma_{F0}$	gammaFx	1/mês	0,027	0,027	a
Taxa de queda de "litter" para t = 0	$\gamma_{F1}$	gammaF0	1/mês	0,001	0,001	a
Idade em que a taxa de queda de "litter" tem valor médio	$t \gamma_F$	tgammaF	mês	12	12	a
Taxa média de ciclagem radicular	$\gamma_R$	Rttover	1/mês	0,015	0,015	a
<b><i>PPL e moduladores de condutância</i></b>						
<b><i>Moduladores de temperatura (fT)</i></b>						
Temperatura mínima para o crescimento	$T_{min}$	Tmin	°C	8	8	b
Temperatura ótima para o crescimento	$T_{opt}$	Topt	°C	25	25	b
Temperatura máxima para o crescimento	$T_{max}$	Tmax	°C	40	40	b
<b><i>Modulador por geadas (fFRost)</i></b>						
Dias de produção perdidos por dia de geada	$k_F$	kF	d	1	1	a
<b><i>Modulador de água no solo (fSW)</i></b>						
Relação de déficit de umidade para ter $f_\theta = 0.5$	$c_\theta$	SWconst	-	0,7	0,7	a e b
Potência do déficit de umidade em $f_\theta$	$n_\theta$	SWpower	-	9	9	a e b

Continua...

**Quadro 15.** Continuação

Significado/descrição	Símbolo <sup>1/</sup>	Nome <sup>1/</sup>	Unidade	Seminal	Clonal	Fonte
<b><i>Efeitos da fertilidade</i></b>						
Valor de "m" quando FR = 0	$m_0$	m0	-	0	0	b
Valor de $fN$ quando FR = 0	$f_{N0}$	fN0	-	0,5	0,5	b
Potência de (1 – FR), na expressão do $fN$	$n_{fN}$	fNn	-	1	1	b
<b><i>Modulador da idade (fAge)</i></b>						
Idade máxima do "stand" para computar a idade relativa	$t_x$	MaxAge	anos	16	16	Este trabalho
Potência da idade relativa na função para $fAge$	$n_{age}$	nAge	-	4	4	a e b
Idade relativa para dar $fAge = 0,5$	$r_{age}$	rAge	-	0,95	0,95	a e b
<b><i>Mortalidade de "stem" e "self-thinning"</i></b>						
Taxa de mortalidade para idades adultas (t = 1)	$\gamma_{N1}$	gammaNx	%/ano	0	0	a e b
Taxa de mortalidade das mudas (t = 0)	$\gamma_{N0}$	gammaN0	%/ano	0	0	a e b
Idade na qual a taxa de mortalidade tem valor médio	$t \gamma_N$	tgammaN	anos	2	2	a e b
Forma da resposta à mortalidade	$n \gamma_N$	ngammaN	-	1	1	a e b
Máxima mat. seca de "stem" quando há 1000 árv./ha	$w_{Sx1000}$	wSx1000	kg/arv	300	300	a e b
Potência na regra de "self-thinning"	$n_N$	thinPower	-	1,5	1,5	a e b
Fração média de biomassa de folhas perdida por árv. morta	$m_F$	mF	-	0	0	a e b
Fração média de biomassa de raízes perdida por árv. morta	$m_R$	mR	-	0,2	0,2	a e b
Fração média de biomassa de "stem" perdida por árv. morta	$m_S$	mS	-	0,2	0,2	a e b
<b><i>Estrutura do dossel e processos</i></b>						
<b><i>Área foliar específica</i></b>						
Área foliar específica para plantios em idade inicial	$\sigma_0$	SLA0	m <sup>2</sup> /kg	15,14	19,18	Este trabalho
Área foliar específica para plantios em idade adulta	$\sigma_1$	SLA1	m <sup>2</sup> /kg	8,06	8,00	Este trabalho
Idade na qual a área foliar específica = $(\sigma_0 + \sigma_1)/2$	$t_\sigma$	tSLA	anos	1,77	1,1	Este trabalho

Continua...

**Quadro 15.** Continuação

Significado/descrição	Símbolo <sup>1/</sup>	Nome <sup>1/</sup>	Unidade	Seminal	Clonal	Fonte
<b>Interceptação da luz</b>						
Coefficiente de extinção da RFA pelo dossel	$k$	k	-	0,5	0,5	a e b
Idade de fechamento do dossel	$t_c$	fullCanAge	anos	2	2	b
Máxima proporção de chuva interceptada pelo dossel	$i_{Rx}$	MaxIntcptn	-	0,15	0,15	a e b
IAF para máxima interceptação da chuva pelo dossel	$L_{ix}$	LAlmaxIntcptn	-	3,33	3,33	b
<b>Produção e respiração</b>						
Eficiência quântica máxima do dossel	$\alpha_{Cx}$	alpha	molC/molRFA	0,062	0,062	Este trabalho
Relação PPL/PPB	$Y$	Y	-	0,5	0,5	a
<b>Condutância</b>						
Máxima condutância do dossel	$g_{Cx}$	MaxCond	m/s	0,02	0,02	a e b
IAF em que a condutância do dossel é máxima	$L_{Cx}$	LAlgcx	-	3,33	3,33	a e b
Define a resposta estomática ao DPV	$k_D$	CoeffCond	1/mBar	0,0324	0,0324	b
Condutância da camada limítrofe do dossel	$g_B$	BLcond	m/s	0,2	0,2	a e b
<b>Propriedades da madeira e do "stand"</b>						
<b>Fração de galhos e casca (fracBB)</b>						
Fração de galhos e casca para plantios em idade inicial	$P_{BB0}$	fracBB0	-	0,699	0,628	Este trabalho
Fração de galhos e casca para plantios em idade adulta	$P_{BB1}$	fracBB1	-	0,190	0,150	Este trabalho
Idade na qual a fração de galhos e casca = $(P_{BB0} + P_{BB1})/2$	$t_{BB}$	tBB	anos	1,62	1,55	Este trabalho
<b>Densidade básica</b>						
Densidade básica mínima – plantios em idade inicial	$\rho_0$	rhoMin	t/m <sup>3</sup>	0,323	0,329	Este trabalho
Densidade básica máxima – plantios em idade adulta	$\rho_1$	rhoMax	t/m <sup>3</sup>	0,484	0,548	Este trabalho
Idade na qual a densidade básica = $(\rho_0 + \rho_1)/2$	$t_\rho$	tRho	anos	4,2	3,33	Este trabalho

Continua...

**Quadro 15.** Continuação

Significado/descrição	Símbolo <sup>1/</sup>	Nome <sup>1/</sup>	Unidade	Seminal	Clonal	Fonte
<b>Altura do "stem"</b>						
Constante na relação entre Altura, <i>dap</i> e N	$a_H$	aH	-	2,400095	1,438367	Este trabalho
Potência do <i>dap</i> na relação entre Altura, <i>dap</i> e N	$n_{HB}$	nHB	-	0,782066	0,910062	Este trabalho
Potência de N na relação entre Altura, <i>dap</i> e N	$n_{HN}$	nHN	-	-0,032035	-0,008304	Este trabalho
<b>Volume de "stem"</b>						
Constante na relação entre Volume, <i>dap</i> e N	$a_V$	aV	-	0,000077	0,000006	Este trabalho
Potência do <i>dap</i> na relação entre Volume, <i>dap</i> e N	$n_{VB}$	nVB	-	2,703257	3,262741	Este trabalho
Potência de N na relação entre Volume, <i>dap</i> e N	$n_{VN}$	nVN	-	0,995092	1,147610	Este trabalho
<b>Fatores de Conversão</b>						
Intercepto na relação radiação neta vs radiação solar	$Q_a$	Qa	W/m <sup>2</sup>	-90	-90	a e b
Inclinação na relação radiação neta vs radiação solar	$Q_b$	Qb	-	0,8	0,8	a e b
Peso molecular da massa de matéria seca		gmMS_mol	gmMS/mol	24	24	a e b
Fator de conversão de radiação solar a RFA		molRFA_MJ	mol/MJ	2,3	2,3	a e b

<sup>1/</sup> Sands, 2004. a =Sands e Landsberg, 2002. b = Borges et al., 2012. *dap* = diâmetro à altura do peito. PPL = produção primária líquida. PPB = produção primária bruta. DPV = déficit de pressão do vapor. RFA = radiação fotossinteticamente ativa. FR = taxa de fertilidade do solo (*Fertility Rating*). IAF = índice de área foliar. N = número de árvores por hectare (*stand stocking*).

**Quadro 16.** Descrição e valores dos parâmetros do modelo 3-PG para *P. taeda* e *P.* híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) obtidos após a parametrização e calibração feitas neste trabalho

Significado/descrição	Símbolo <sup>1/</sup>	Nome <sup>1/</sup>	Unidade	<i>P. taeda</i>	<i>P.</i> híbrido	Fonte
<b><i>Partição de biomassa e "turnover"</i></b>						
<b><i>Relações alométricas e partição</i></b>						
Partição folha/"stem" para <i>dap</i> = 2 cm	$p_2$	pFS2	-	2,9575	5,6127	Este trabalho
Partição folha/"stem" para <i>dap</i> = 20 cm	$p_{20}$	pFS20	-	0,2471	0,1486	Este trabalho
Constante na relação entre massa do "stem" vs <i>dap</i>	$a_S$	StemConst	-	0,0211	0,0086	Este trabalho
Potência na relação entre massa do "stem" vs <i>dap</i>	$n_S$	StemPower	-	2,7740	3,0248	Este trabalho
Fração máxima da PPL para raízes	$\eta_{Rx}$	pRx	-	0,4	0,4	c, d, e
Fração mínima da PPL para raízes	$\eta_{Rn}$	pRn	-	0,2	0,144	c, d, e
<b><i>Queda de "litter" e "turnover" de raízes</i></b>						
Taxa de queda de "litter" para plantios em idade adulta	$\gamma_{F0}$	gammaFx	1/mês	0,042	0,042	d
Taxa de queda de "litter" para t = 0	$\gamma_{F1}$	gammaF0	1/mês	0,001	0,001	d
Idade em que a taxa de queda de "litter" tem valor médio	$t \gamma_F$	tgammaF	mês	18	18	d
Taxa média de ciclagem radicular	$\gamma_R$	Rttover	1/mês	0,0168	0,0168	d
<b><i>PPL e moduladores de condutância</i></b>						
<b><i>Moduladores de temperatura (fT)</i></b>						
Temperatura mínima para o crescimento	$T_{min}$	Tmin	°C	4	6	c, e
Temperatura ótima para o crescimento	$T_{opt}$	Topt	°C	25	25	c, e
Temperatura máxima para o crescimento	$T_{max}$	Tmax	°C	38	40	c, e
<b><i>Modulador por geadas (fFRost)</i></b>						
Dias de produção perdidos por dia de geada	$k_F$	kF	d	1	1	a
<b><i>Modulador de água no solo (fSW)</i></b>						
Relação de déficit de umidade para ter $f_\theta = 0.5$	$c_\theta$	SWconst	-	0,7	0,7	a e b
Potência do déficit de umidade em $f_\theta$	$n_\theta$	SWpower	-	9	9	a e b

Continua...

**Quadro 16.** Continuação

Significado/descrição	Símbolo <sup>1/</sup>	Nome <sup>1/</sup>	Unidade	<i>P. taeda</i>	P. híbrido	Fonte
<b><i>Efeitos da fertilidade</i></b>						
Valor de "m" quando FR = 0	$m_0$	m0	-	0	0	c, e
Valor de $fN$ quando FR = 0	$f_{N0}$	fN0	-	0,3	0,3	c, e
Potência de (1 – FR), na expressão do $fN$	$n_{fN}$	fNn	-	1	1	c, e
<b><i>Modulador da idade (fAge)</i></b>						
Idade máxima do "stand" para computar a idade relativa	$t_x$	MaxAge	anos	35	35	c, d
Potência da idade relativa na função para $fAge$	$n_{age}$	nAge	-	1,5	1,5	c
Idade relativa para dar $fAge = 0,5$	$r_{age}$	rAge	-	0,5	0,5	c
<b><i>Mortalidade de "stem" e "self-thinning"</i></b>						
Taxa de mortalidade para idades adultas (t = 1)	$\gamma_{N1}$	gammaNx	%/ano	0,392	0,45	c, e
Taxa de mortalidade das mudas (t = 0)	$\gamma_{N0}$	gammaN0	%/ano	2,32	1,73	c, e
Idade na qual a taxa de mortalidade tem valor médio	$t \gamma_N$	tgammaN	anos	10,853	7,97	c, e
Forma da resposta à mortalidade	$n \gamma_N$	ngammaN	-	1	1	c, e
Máxima mat. seca de "stem" quando há 1000 árv./ha	$w_{Sx1000}$	wSx1000	kg/arv	230	220	c, e
Potência na regra de "self-thinning"	$n_N$	thinPower	-	1,174	1,53	c, e
Fração média de biomassa de folhas perdida por árv. morto	$m_F$	mF	-	0	0	c, e
Fração média de biomassa de raízes perdida por árv. morto	$m_R$	mR	-	0,2	0,2	c, e
Fração média de biomassa de "stem" perdida por árv. morto	$m_S$	mS	-	0,4	0,4	c, e
<b><i>Estrutura do dossel e processos</i></b>						
<b><i>Área foliar específica</i></b>						
Área foliar específica para plantios em idade inicial	$\sigma_0$	SLA0	m <sup>2</sup> /kg	7	5,90	Este trabalho
Área foliar específica para plantios em idade adulta	$\sigma_1$	SLA1	m <sup>2</sup> /kg	6,3	5,10	Este trabalho
Idade na qual a área foliar específica = $(\sigma_0 + \sigma_1)/2$	$t_\sigma$	tSLA	anos	6,2	5,7	Este trabalho

Continua...

**Quadro 16.** Continuação

Significado/descrição	Símbolo <sup>1/</sup>	Nome <sup>1/</sup>	Unidade	<i>P. taeda</i>	P. híbrido	Fonte
<b><i>Interceptação da luz</i></b>						
Coefficiente de extinção da RFA pelo dossel	$k$	k	-	0,57	0,715	c, e
Idade de fechamento do dossel	$t_c$	fullCanAge	anos	4	4	Este trabalho
Máxima proporção de chuva interceptada pelo dossel	$i_{Rx}$	MaxIntcptn	-	0,2	0,2	c, e
IAF para máxima interceptação da chuva pelo dossel	$L_{ix}$	LAlmaxIntcptn	-	5	5	c, e
<b><i>Produção e respiração</i></b>						
Eficiência quântica máxima do dossel	$\alpha_{Cx}$	alpha	molC/molRFA	0,053	0,056	c, e
Relação PPL/PPB	$Y$	Y	-	0,47	0,47	c, e
<b><i>Condutância</i></b>						
Máxima condutância do dossel	$g_{Cx}$	MaxCond	m/s	0,0118	0,0118	c
IAF em que a condutância do dossel é máxima	$L_{Cx}$	LAlgcx	-	3	3	c
Define a resposta estomática ao DPV	$k_D$	CoeffCond	1/mBar	0,0408	0,0408	c
Condutância da camada limítrofe do dossel	$g_B$	BLcond	m/s	0,1	0,1	c
<b><i>Propriedades da madeira e do "stand"</i></b>						
<b><i>Fração de galhos e casca (fracBB)</i></b>						
Fração de galhos e casca para plantios em idade inicial	$P_{BB0}$	fracBB0	-	0,650	0,600	Este trabalho
Fração de galhos e casca para plantios em idade adulta	$P_{BB1}$	fracBB1	-	0,200	0,170	Este trabalho
Idade na qual a fração de galhos e casca = $(PBB_0 + PBB_1)/2$	$t_{BB}$	tBB	anos	4,1	2,8	Este trabalho
<b><i>Densidade básica</i></b>						
Densidade básica mínima – plantios em idade inicial	$\rho_0$	rhoMin	t/m <sup>3</sup>	0,320	0,341	Este trabalho
Densidade básica máxima – plantios em idade adulta	$\rho_1$	rhoMax	t/m <sup>3</sup>	0,521	0,460	Este trabalho
Idade na qual a densidade básica = $(\rho_0 + \rho_1)/2$	$t_\rho$	tRho	anos	5,8	8,6	Este trabalho

Continua...

**Quadro 16.** Continuação

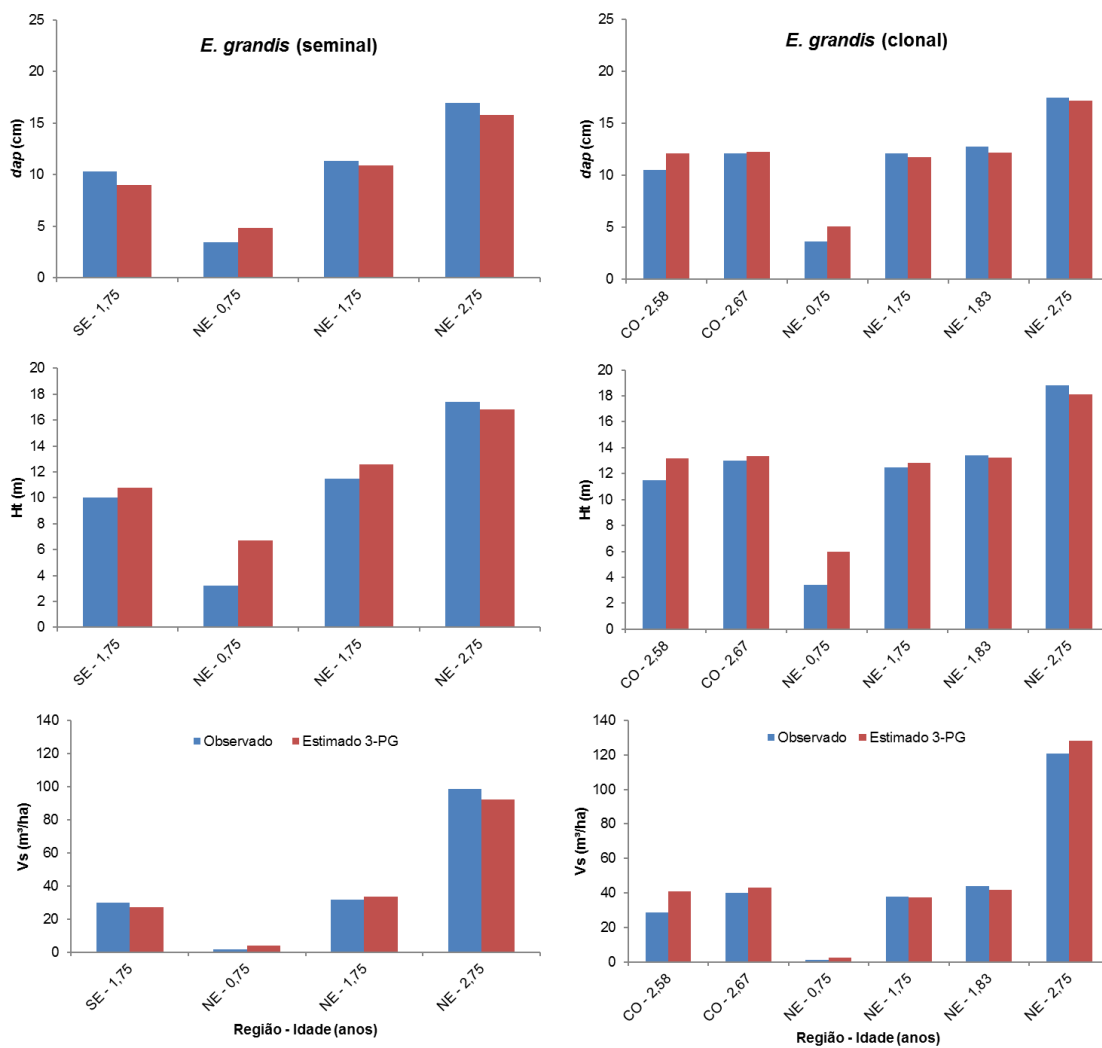
Significado/descrição	Símbolo <sup>1/</sup>	Nome <sup>1/</sup>	Unidade	<i>P. taeda</i>	P. híbrido	Fonte
<b>Altura do "stem"</b>						
Constante na relação entre Altura, <i>dap</i> e N	$a_H$	aH	-	0,895777	0,718943	Este trabalho
Potência do <i>dap</i> na relação entre Altura, <i>dap</i> e N	$n_{HB}$	nHB	-	0,928788	0,981601	Este trabalho
Potência de N na relação entre Altura, <i>dap</i> e N	$n_{HN}$	nHN	-	-0,027941	-0,015919	Este trabalho
<b>Volume de "stem"</b>						
Constante na relação entre Volume, <i>dap</i> e N	$a_V$	aV	-	0,000002	0,000000	Este trabalho
Potência do <i>dap</i> na relação entre Volume, <i>dap</i> e N	$n_{VB}$	nVB	-	3,535912	4,623844	Este trabalho
Potência de N na relação entre Volume, <i>dap</i> e N	$n_{VN}$	nVN	-	1,107588	1,386380	Este trabalho
<b>Fatores de Conversão</b>						
Intercepto na relação radiação neta vs radiação solar	$Q_a$	Qa	W/m <sup>2</sup>	-90	-90	a e b
Inclinação na relação radiação neta vs radiação solar	$Q_b$	Qb	-	0,8	0,8	a e b
Peso molecular da massa de matéria seca		gmMS_mol	gmMS/mol	24	24	a e b
Fator de conversão de radiação solar a RFA		molRFA_MJ	mol/MJ	2,3	2,3	a e b

<sup>1/</sup> Sands, 2004. a =Sands e Landsberg, 2002. b = Borges et al., 2012. c = Gonzalez-Benecke et al., 2016. d = Bryars et al., 2013. e = Gonzalez-Benecke et al., 2014. *dap* = diâmetro à altura do peito. PPL = produção primária líquida. PPB = produção primária bruta. DPV = déficit de pressão do vapor. RFA = radiação fotossinteticamente ativa. FR = taxa de fertilidade do solo (*Fertility Rating*). IAF = índice de área foliar. N = número de árvores por hectare (*stand stocking*).

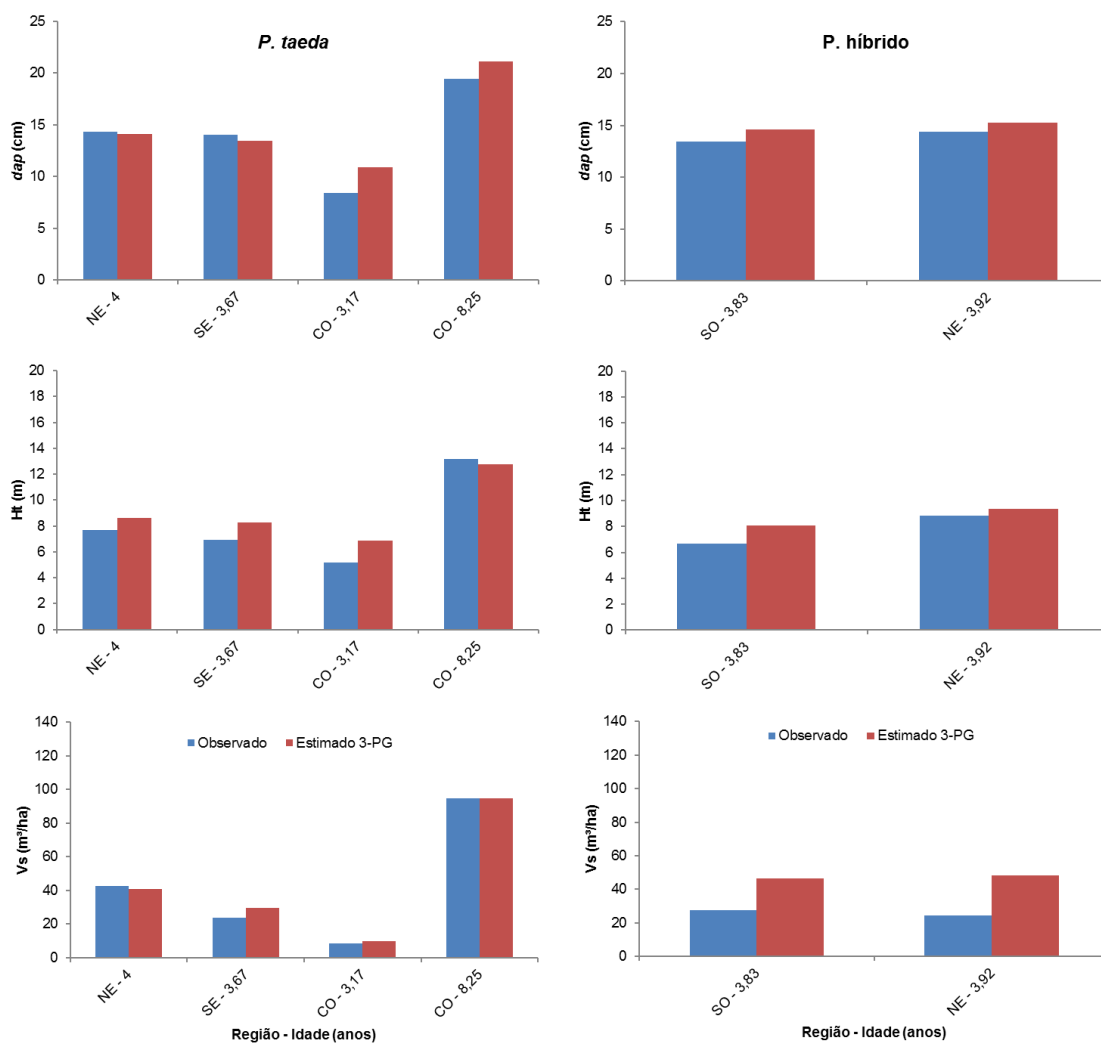
## 4.2 Desempenho das parametrizações obtidas neste trabalho

As quatro parametrizações obtidas neste trabalho tiveram seus desempenhos avaliados frente aos valores mensurados nas árvores médias abatidas e cubadas no trabalho de campo, descrito no item 3.5. Cabe esclarecer, que essas comparações e relacionamentos foram realizadas considerando situações de plantios até o primeiro desbaste, para *E. grandis* (seminal e clonal) e *P. híbrido*. Já para *P. taeda* foi incluído também um talhão que tinha sido submetido a desbaste (CO – 8,25; Figura 13), porque a densidade de plantas era quase igual ao talhão sem desbaste da mesma região. Devido a que o modelo 3-PG considera o número inicial de árvores e não possui um módulo que contemple desbastes, deve-se tomar este cuidado de fazer as comparações exclusivamente até o momento do primeiro desbaste, pelo fato de que posteriormente a esta prática de manejo o número de árvores por hectare diminui consideravelmente e as saídas do modelo são por hectare e não por árvore. Um exemplo da lógica proposta neste trabalho para incluir o manejo com desbastes (itens 3.10 e 3.11) será apresentado posteriormente.

As estimativas de *dap*, altura total (Ht) e volume de *stem* (Vs) obtidas neste trabalho pela utilização do modelo 3-PG, parametrizado e calibrado para *E. grandis* (seminal), para *E. grandis* (clonal), para *P. taeda* e para *P. híbrido* em Corrientes, são próximas dos valores observados para essas variáveis (Figuras 12 e 13). No caso de *Eucalyptus* (Figura 12), fica evidente que as maiores diferenças relativas foram observadas para as menores idades dos plantios (0,75 ano). Este fato pode dever-se a que conforme relatado por (Landsberg et al., 2001), o modelo 3-PG trabalha com a Lei de Beer para calcular a radiação absorvida pelo dossel, sendo que esta lei assume uma homogeneidade no sentido horizontal, que se entende como que o IAF se distribui equitativamente sobre toda a superfície. Assim, como nas idades iniciais as copas das árvores ainda não se tocam, pode haver superestimação no valor da radiação fotossinteticamente ativa absorvida que leve a superestimação da produtividade estimada.

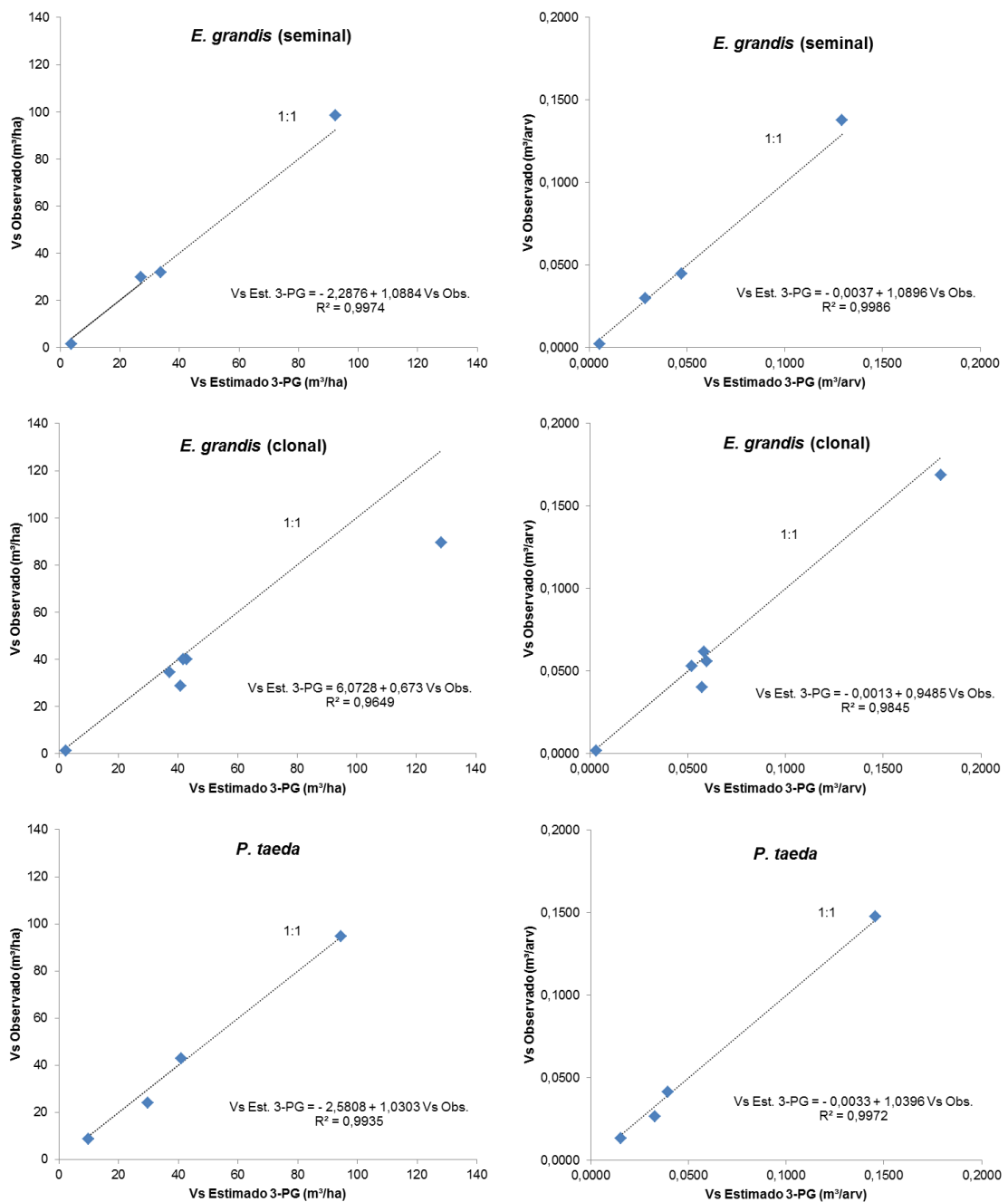


**Figura 12.** Comparação entre valores observados e estimados com a parametrização do modelo 3-PG feita neste trabalho para as variáveis *dap*, Ht e Vs de *E. grandis* (seminal e clonal), até o primeiro desbaste, nas regiões CO (centro-oeste), SE (sudeste) e NE (nordeste) de Corrientes – Argentina.



**Figura 13.** Comparação entre valores observados e estimados com a parametrização do modelo 3-PG feita neste trabalho para as variáveis *dap*, *Ht* e *Vs* de *P. taeda* e Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*), até o primeiro desbaste (incluindo CO – 8,25 anos), nas regiões CO (centro-oeste), SO (sudoeste), SE (sudeste) e NE (nordeste) de Corrientes – Argentina.

As equações lineares ajustadas para o *Vs* observado em função de *Vs* estimado pelo 3-PG para ambos os plantios de *E. grandis*, seminais e clonais, e para *P. taeda*, em nível de área e de árvore, possuem intercepto ( $\beta_0$ ) que não difere de 0 e coeficiente angular ( $\beta_1$ ) que não difere de 1 (Figura 14), indicando o bom desempenho das parametrizações e calibrações realizadas neste trabalho. Não foi possível realizar esta avaliação para *P. híbrido* por ter unicamente duas situações de sítios com idade previa ao 1<sup>er</sup> desbaste.



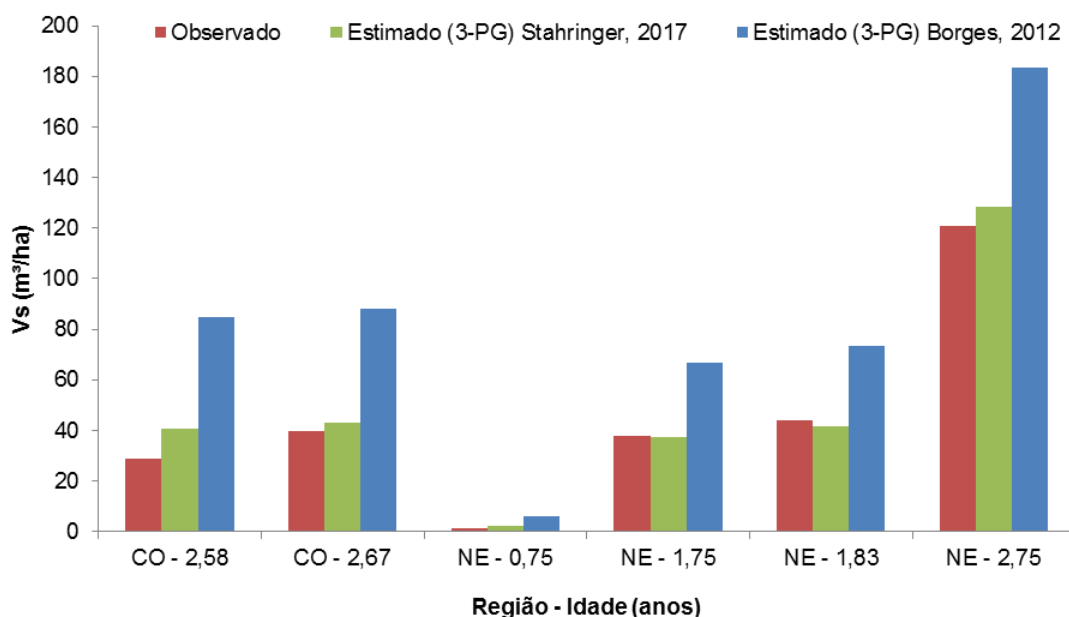
**Figura 14.** Regressões entre volume de *stem* (Vs) estimados pelo modelo 3-PG, com as parametrizações deste trabalho vs volumes observados (por hectare e por árvore), considerando até o primeiro desbaste.

Por outro lado, as parametrizações de *E. grandis* (clonal) e *P. taeda* foram comparadas com parametrizações existentes na literatura para estas espécies, sendo que a primeira foi comparada com a de Borges et al. (2012) feita para *Eucalyptus* (clonal) no Brasil (Figura 15), e a segunda comparada com a de Bryars et al. (2013) feita para *P. taeda* nos Estados Unidos (Figura 16). Cabe destacar que na publicação de Bryars et al. (2013) faltam os valores dos parâmetros: densidade mínima e máxima da madeira (só é

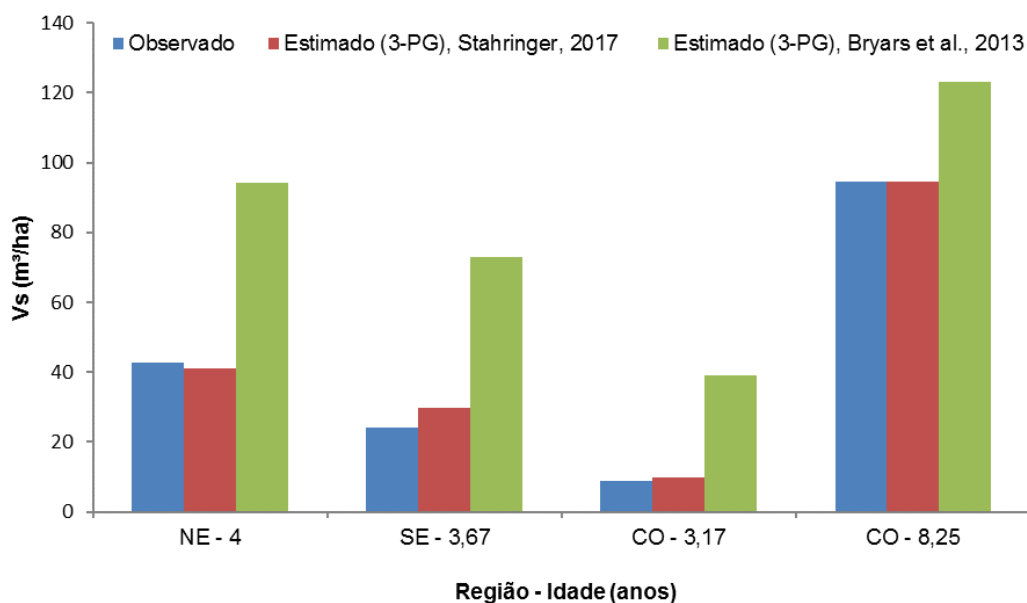
informada uma densidade média), taxa de mortalidade para idades adultas, taxa de mortalidade das mudas, idade na qual a taxa de mortalidade tem valor médio, e forma da resposta à mortalidade. Por este motivo, os valores correspondentes a estes parâmetros foram ajustados com os da parametrização de Gonzalez-Benecke et al. (2016) também feita para *P. taeda* nos Estados Unidos.

No caso da comparação feita para *E. grandis* (clonal) observa-se que as estimações feitas com a parametrização deste trabalho são próximas aos valores observados de volume de *stem* (Figura 15). No entanto, ao comparar as estimações obtidas pela parametrização de Borges et al. (2012) com os valores observados tem-se que, em quatro sítios (CO – 2,58; CO – 2,67; NE – 1,75 e NE – 2,75) os valores estimados foram aproximadamente duas vezes os observados, e nos outros dois sítios (NE – 0,75 e NE – 2,75) as estimações superaram os valores observados em aproximadamente 30 %. Vale ressaltar que, conforme Borges (2012) entre as quatro parametrizações feitas no Brasil para *Eucalyptus* “clonal” (Almeida et al., 2004; Stape et al., 2004; Silva, 2006; Borges et al., 2012), a deste autor mostrou ser a mais universal para fazer estimações em plantios comerciais neste País. A estratégia utilizada no presente trabalho nas parametrizações do modelo 3-PG foi a mesma, em essência, daquela adotada por Borges et al. (2012), ou seja, com base em árvores de plantios comerciais, e não utilizando árvores de parcelas fertirrigadas como foi feito por Almeida et al. (2004), Stape et al. (2004) e Silva (2006).

Outro aspecto que deve ser destacado da comparação feita na figura 15, é que os sítios possuem características de solos bem contrastantes, sendo que o correspondente à região nordeste é um solo muito argiloso (69 % de argila, *Soil Class = Clay*), profundo e de maior fertilidade natural (FR = 0,8). Já o solo da região centro-oeste é muito arenoso (91 % de areia, *Soil Class = Sandy*), pouco profundo, com presença de lençol freático a 70 – 90 cm, e de baixa fertilidade natural (FR = 0,25).



**Figura 15.** Comparações em *E. grandis* (clonal) dos volumes de *stem* ( $V_s$ ) observados vs os estimados com as parametrizações deste trabalho e a de Borges et al., (2012). Considerando até o primeiro desbaste, nas regiões CO (centro-oeste) e NE (nordeste) de Corrientes – Argentina.



**Figura 16.** Comparações em *P. taeda* dos volumes de *stem* ( $V_s$ ) observados vs os estimados com as parametrizações deste trabalho e a de Bryars et al. (2013). Considerando até o primeiro desbaste (incluindo CO – 8,25 anos), nas regiões NE (nordeste), SE (sudeste) e CO (centro-oeste) e de Corrientes – Argentina.

Em *P. taeda* a parametrização feita neste trabalho mostrou um bom desempenho, estimando valores de volume de *stem* ( $V_s$ ) próximos aos valores observados em todas as situações. Entretanto, a parametrização de Bryars et al. (2013) superestimou consideravelmente o  $V_s$  nos três sítios

considerados, referentes às regiões nordeste, sudeste e centro-oeste (Figura 16). Novamente, destaca-se a variabilidade entre os solos das três regiões. O sitio da região nordeste de classe textural argila siltosa (40 % argila e 43 % silte, *Soil Class = Clay loam*), com FR = 0,75. Já o da região sudeste é um solo franco (42,4 % areia e 41,9 % de silte, *Soil Class = Sandy Loam*), com FR = 0,7. Por último, o da região centro-oeste é um solo muito arenoso (95 % de areia), com FR = 0,25.

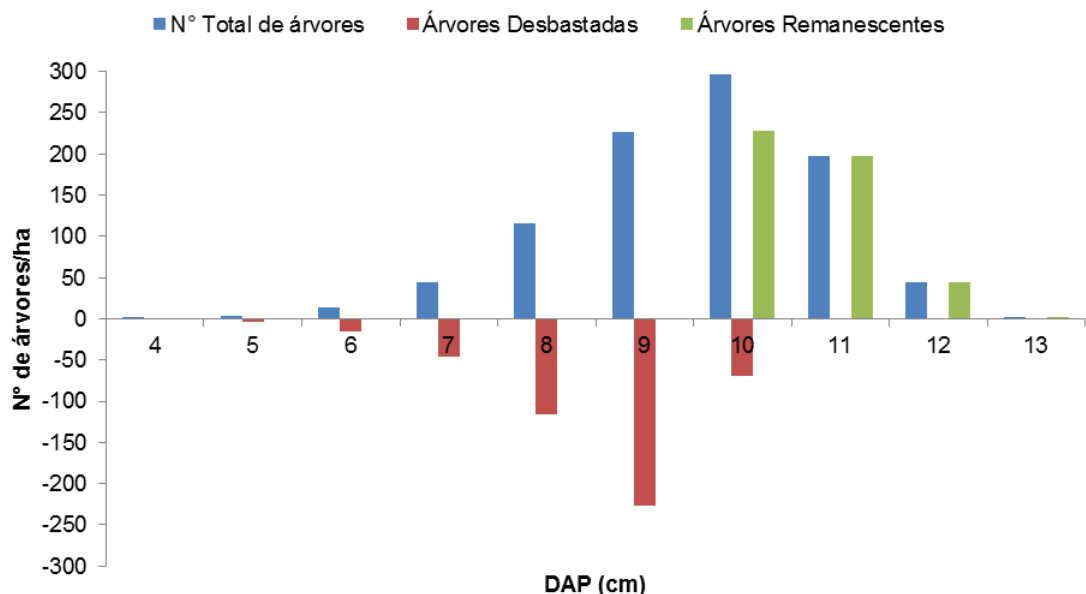
As comparações feitas nas figuras 15 e 16 mostram a importância deste trabalho para obter parametrizações para Corrientes – Argentina. Vale ressaltar também, que não existem registros na literatura de parametrizações do modelo ecofisiológico 3-PG para nenhuma espécie na Argentina, o que faz com que este seja um trabalho pioneiro neste sentido para o País.

#### **4.3 Acoplamento do modelo de distribuição diamétrica com o 3-PG (exemplo)**

Como foi mencionado anteriormente, o modelo 3-PG não possui na sua estrutura nenhum módulo para contemplar possíveis desbastes feitos durante a rotação de uma espécie florestal. Em Corrientes – Argentina o manejo florestal de *Pinus* e *Eucalyptus* inclui dois ou três desbastes até o corte final, dependendo da espécie e do plano de manejo de cada empresa. Assim, para contornar este inconveniente, foi acoplado um modelo de distribuição de diâmetros ao 3-PG conforme foi explicado no item 3.11. A continuação será detalhado um exemplo desta lógica aplicada a um caso hipotético de *E. grandis* (seminal), com uma densidade de plantio inicial de 945 arv/ha, em um sitio com FR = 0,7; cujo ciclo de corte foi estipulado em 12 anos, sendo simulados dois desbastes, o primeiro aos dois anos e o segundo aos seis anos. Nos desbastes simulou-se a remoção de árvores das classes de diâmetro inferiores, com base em percentagens da área basal.

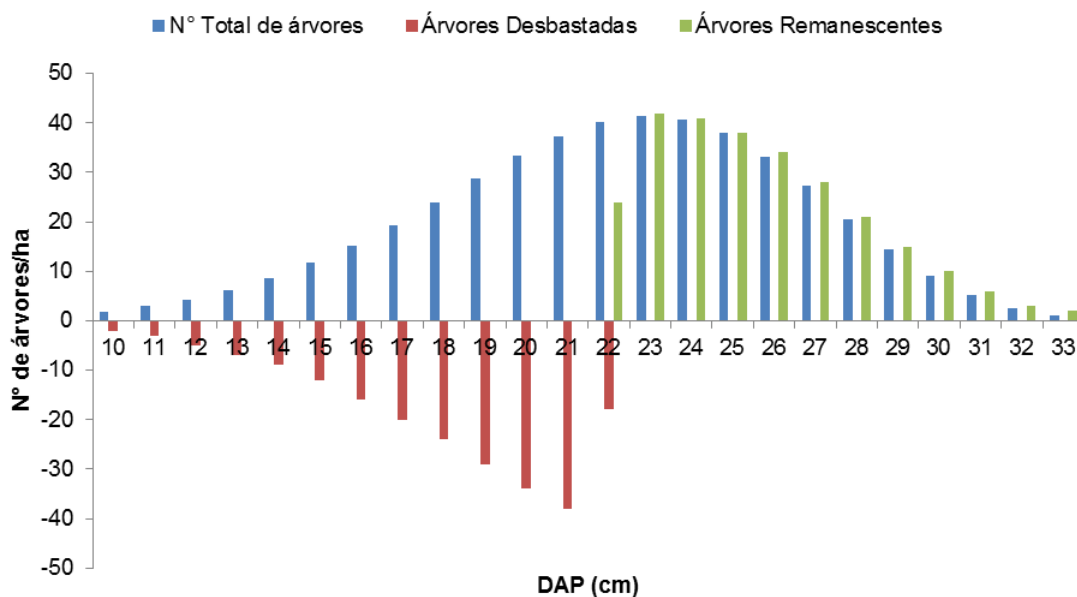
Primeiramente, rodou-se o modelo 3-PG até uma idade final de dois anos (simulando que o 1<sup>er</sup> desbaste pré comercial seria feito com essa idade), obtendo-se um diâmetro médio de 9,67 cm, uma área basal = 6,97 m<sup>2</sup>/ha, e um volume de lenho de 32,14 m<sup>3</sup>/ha e estimando um diâmetro

mínimo de 4 cm para esta idade. Com o diâmetro médio e o diâmetro mínimo foram estimados os valores dos parâmetros  $\beta$  e  $\gamma$  de Weibull, que permitiram obter distribuição de diâmetros aos dois anos de idade, para as 945 arv/ha plantadas inicialmente. Assumindo que nesse momento foi realizado o 1<sup>er</sup> desbaste com remoção de 40 % da área basal presente, eliminou-se 2,79 m<sup>2</sup>/ha, o qual correspondeu a todas as árvores das classes de *dap* compreendidas entre 4 e 9 cm, mais 69 árvores da classe de 10 cm, resultando em um total de 475 arv/ha a serem desbastadas das classes de *dap* inferiores (Figura 17). Com base nisso, foi obtido um novo diâmetro médio, de 10,6 cm, calculado como a média ponderada dos diâmetros correspondentes aos centros de classe das árvores das classes de *dap* remanescentes. Inserindo o valor deste diâmetro nas equações alométricas 2 e 17, e multiplicando os valores obtidos, em kg/arv, pelo número de árvores remanescentes (945 – 475 = 470 arv/ha), obtiveram-se os valores de WS e WF, em t/ha. Multiplicando o valor de WS pelo coeficiente obtido da relação WR/WS para a idade de dois anos no 3-PG, foi estimado o valor de WR, em t/ha. Assim, os valores calculados de WS, WF e WR foram inseridos no 3-PG como variáveis de entrada para a segunda rodada do modelo.



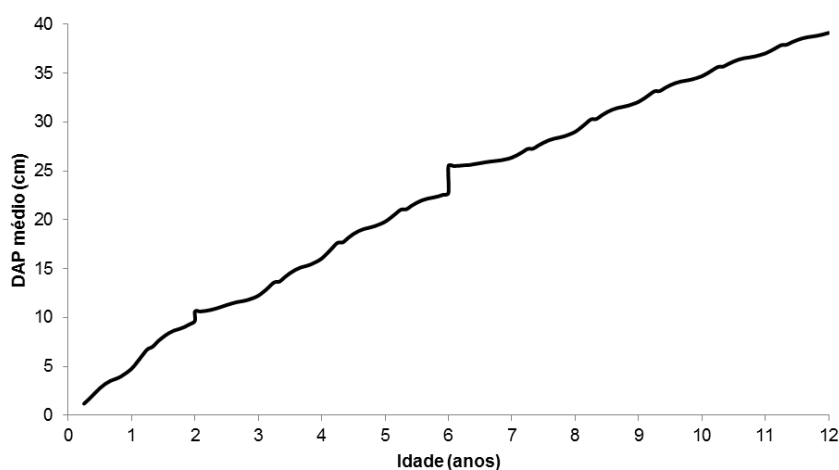
**Figura 17.** Distribuição de diâmetros total, das árvores desbastadas e das árvores remanescentes de *E. grandis* (seminal) aos dois anos, assumindo um 1<sup>er</sup> desbaste de 40 % da área basal presente (os valores negativos indicam número de árvores desbastadas).

Na segunda rodada o 3-PG foi corrido por mais quatro anos (idade final), assumindo que o 2<sup>do</sup> desbaste fosse realizado aos seis anos, dentro da rotação. Como saídas do 3-PG para a nova idade final obtiveram-se um diâmetro médio de 22,77 cm, uma área basal = 18,89 m<sup>2</sup>/ha e um volume de lenho de 154,83 m<sup>3</sup>/ha, sendo que o diâmetro mínimo nesta etapa ficou em 10 cm. Desta maneira, com o diâmetro médio e o diâmetro mínimo foram calculados os novos valores dos parâmetros  $\beta$  e  $\gamma$  de Weibull, e obteve-se a nova distribuição de diâmetros, aos seis anos de idade, para as 470 arv/ha que permaneceram após o 1<sup>er</sup> desbaste. Por ocasião do 2<sup>do</sup> desbaste, equivalente a 30 % da área basal presente nesse momento (5,67 m<sup>2</sup>/ha), retiraram-se todas as árvores das classes de *dap* compreendidas entre 10 e 21 cm, mais 17 árvores da classe de 22 cm, resultando em um total de 211 arv/ha a serem retiradas das classes de *dap* inferiores (Figura 18). Após isso, foi calculado novo diâmetro médio, de 25,5 cm, correspondente à média ponderada dos diâmetros das 259 arv/ha que permaneceram. Logo, seguindo a sequência explicada anteriormente, foram estimados os novos valores iniciais de WS, WF e WR, que a continuação se utilizaram como variáveis de entrada para a última rodada do 3-PG. Esta teve como idade final seis anos, sendo que na rotação correspondeu ao período do 2<sup>do</sup> desbaste até o corte final (6 – 12 anos). Como saídas deste último período obtiveram-se um diâmetro médio de 34,13 cm, uma área basal = 31,15 m<sup>2</sup>/ha e um volume de lenho de 340,13 m<sup>3</sup>/ha.

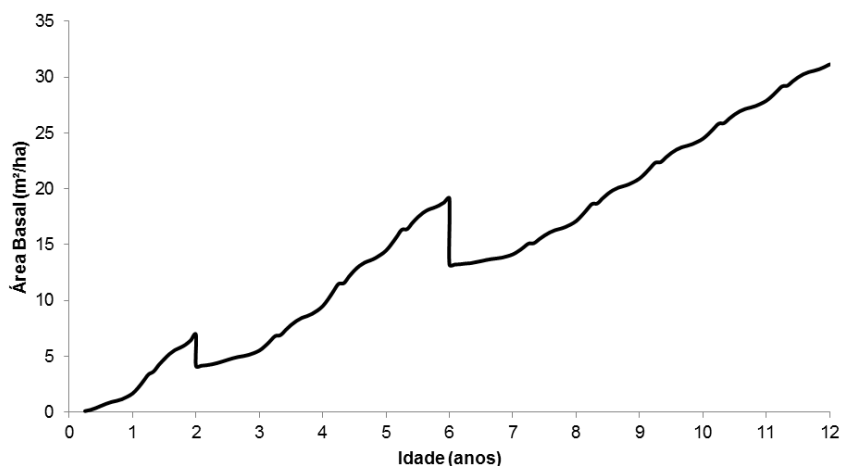


**Figura 18.** Distribuição de diâmetros total, das árvores desbastadas e das árvores remanescentes de *E. grandis* (seminal) aos seis anos, assumindo um 2<sup>o</sup> desbaste de 30 % da área basal presente (os valores negativos indicam número de árvores desbastadas).

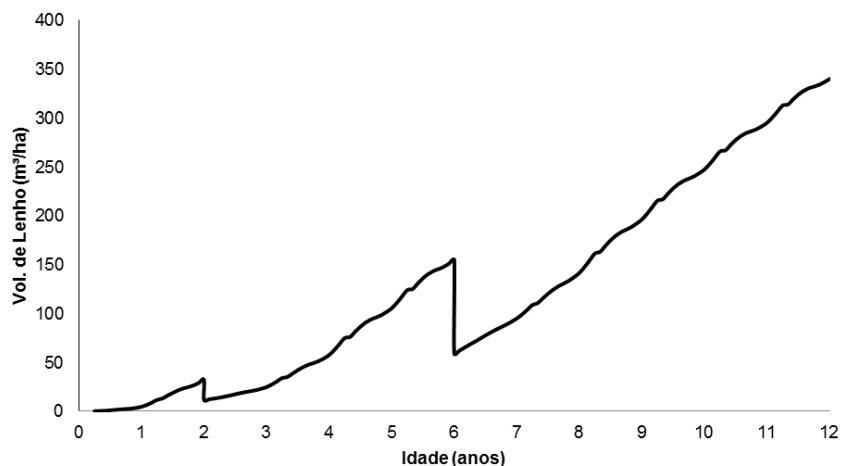
Para representar graficamente a sequência completa deste hipotético exemplo os valores de *dap*, área basal e volume de lenho no decorrer dos 12 anos da rotação florestal são apresentados nas figuras 19, 20 e 21, respectivamente. Os valores utilizados para estas representações correspondem às saídas mensais obtidas do modelo 3-PG para estas variáveis, levando em consideração o 1<sup>er</sup> e 2<sup>do</sup> desbaste.



**Figura 19.** Valores estimados mensalmente pelo 3-PG para *dap* médio do povoamento de *E. grandis* (seminal) para uma rotação florestal de 12 anos com desbastes aos dois e seis anos de 40 e 30 % da área basal, respectivamente.



**Figura 20.** Valores estimados mensalmente pelo 3-PG para área basal do povoamento de *E. grandis* (seminal) para uma rotação florestal de 12 anos com desbastes aos dois e seis anos de 40 e 30 % da área basal, respectivamente.



**Figura 21.** Valores estimados mensalmente pelo 3-PG para volume de lenho (volume sem casca) do povoamento de *E. grandis* (seminal) para uma rotação florestal de 12 anos com desbastes aos dois e seis anos de 40 e 30 % da área basal, respectivamente.

Vale ressaltar que não existe na literatura antecedentes de acoplamento de modelos de distribuição diamétrica ao modelo 3-PG para *Pinus* nem para *Eucalyptus*, sendo que o único relato de uso conjunto destes modelos foi descrito em Teca (*Tectona grandis*) por Pontes (2011).

## 4.4 Parametrização dos modelos de balanço nutricional para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina

### 4.4.1 Módulo Requerimento

Para obter o requerimento nutricional, dentro do módulo requerimento, deve-se seguir a sequência descrita no item 3.12.1. Com base nesta sequência, são apresentados a continuação, no presente item, primeiro os gráficos com as equações que permitem calcular a massa de matéria seca de cada componente da parte aérea do povoamento florestal (Figuras 22 a 25). Seguidamente, apresentam-se as equações que permitem estimar os conteúdos de macro e micronutrientes, por componente das árvores para as espécies/híbrido que são estudadas neste trabalho (Quadros 17 a 24). Lembrando que tanto as massas de matéria seca quanto os conteúdos de nutrientes são estimados por meio de equações alométricas que estão sempre em função do *dap*. Depois se faz menção das taxas de recuperação pela planta ( $TR_{pl}$ ) e por último se cita a estratégia utilizada neste trabalho para incluir as raízes na estimação da demanda nutricional apesar de não terem sido amostradas no trabalho de campo.

Para estimação da massa de matéria seca de tronco ( $mMSTr$ ), optou-se em todos os casos por modelos potenciais, sendo que sempre obtiveram bons ajustes conforme observado nos valores de  $R^2$  destas equações, os quais foram: 0,9885; 0,9916; 0,9466 e 0,9452 para *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e *P. híbrido*, respectivamente (letra (e) das figuras 22 a 25). Este tipo de modelo foi usado para estimar esta mesma variável por Pontes (2011) em *Tectona grandis* e segundo Landsberg e Waring (1997) relações alométricas para árvores individuais podem quase sempre ser descritas por modelos deste tipo em que a variável independente acostuma ser o *dap* devido a que é habitualmente usada no setor florestal.

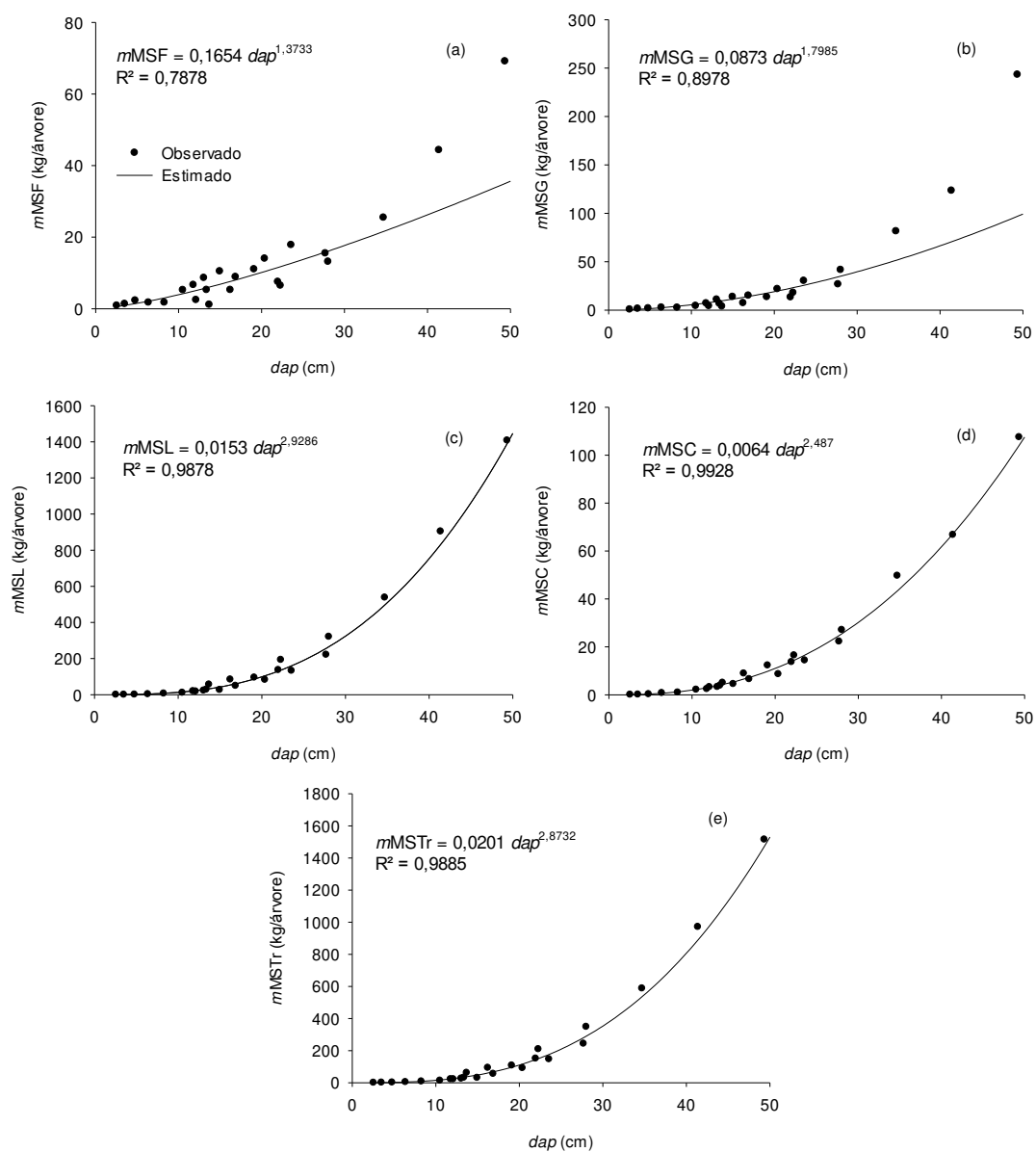
A estimação de massa de matéria seca de folhas ou acículas ( $mMSF$  ou  $mMSA$ ) foi o componente que em geral apresentou menores valores de  $R^2$  (letras (a) das figuras 22 a 25). O ajuste com menor valor de  $R^2$  foi obtido para *P. taeda* (0,7780), sendo esta a única espécie em que o modelo exponencial foi o que teve melhor ajuste. Para as outras espécies/híbrido se

observou um melhor ajuste com o modelo potencial para esta variável sendo os  $R^2$  de: 0,7878; 0,8534 e 0,9396 para *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal) e P. híbrido, respectivamente.

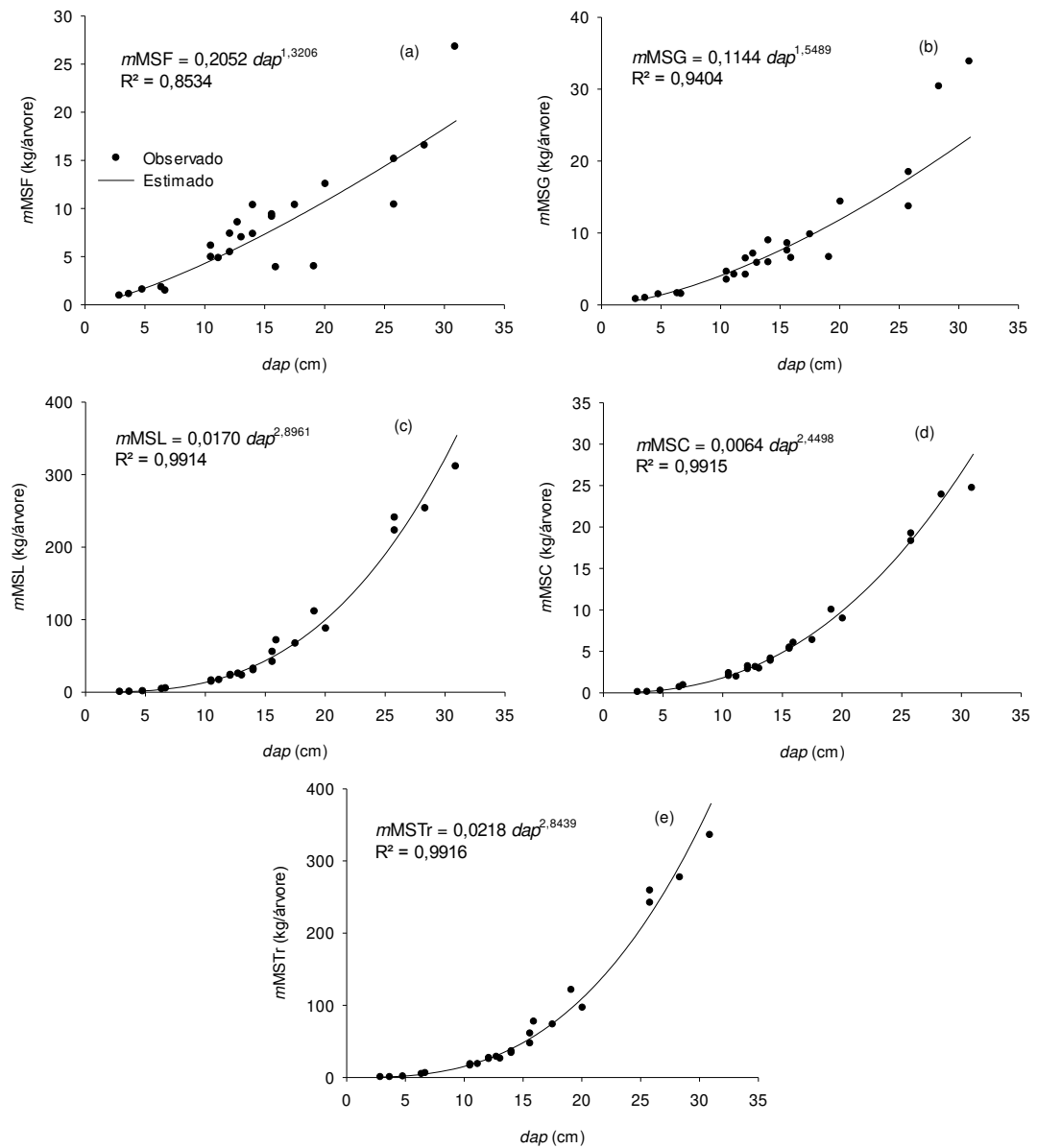
No referente à massa de matéria seca de galhos, sempre o modelo potencial foi o que apresentou melhor ajuste, sendo que esta variável teve valores de  $R^2$  maiores que os de folhas/acículas e menores que os de lenho e de casca (Figuras 22 a 25). Cabe destacar, que só para *E. grandis* (seminal) o  $R^2$  foi levemente inferior a 0,9000 (0,8978). Assim, ficou evidente que a massa de matéria seca de galhos pode ser estimada acuradamente apenas com o *dap* como variável independente.

Nas letras (c) e (d) das figuras 22 a 25 verifica-se que, para todas as espécies/híbrido foram obtidos excelentes ajustes das variáveis massa de matéria seca de lenho e massa de matéria seca de casca utilizando o modelo potencial ( $R^2$  sempre maior que 0,9300). Vale ressaltar que, para *Eucalyptus* ( $R^2$  entre 0,9878 e 0,9928) os ajustes foram ainda melhores que para *Pinus* ( $R^2$  entre 0,9350 e 0,9680).

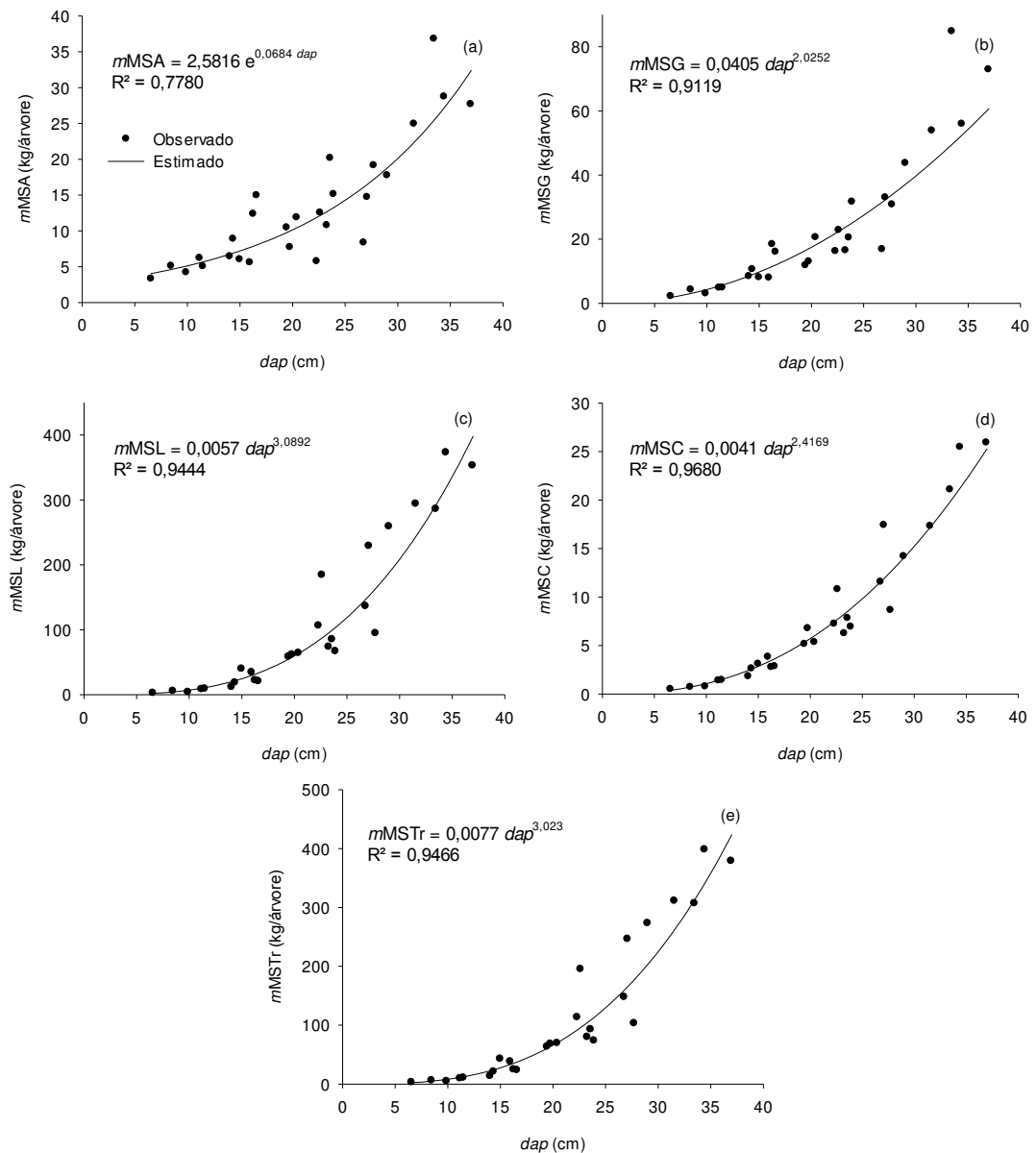
Desta maneira, fazendo uma análise geral das massas de matéria seca dos diversos componentes, é possível observar que o lenho, a casca e o somatório destes que é o tronco foram os componentes com os melhores ajustes. Este fato possivelmente deve-se a que nestes componentes têm-se uma acumulação da biomassa produzida ao longo dos anos.



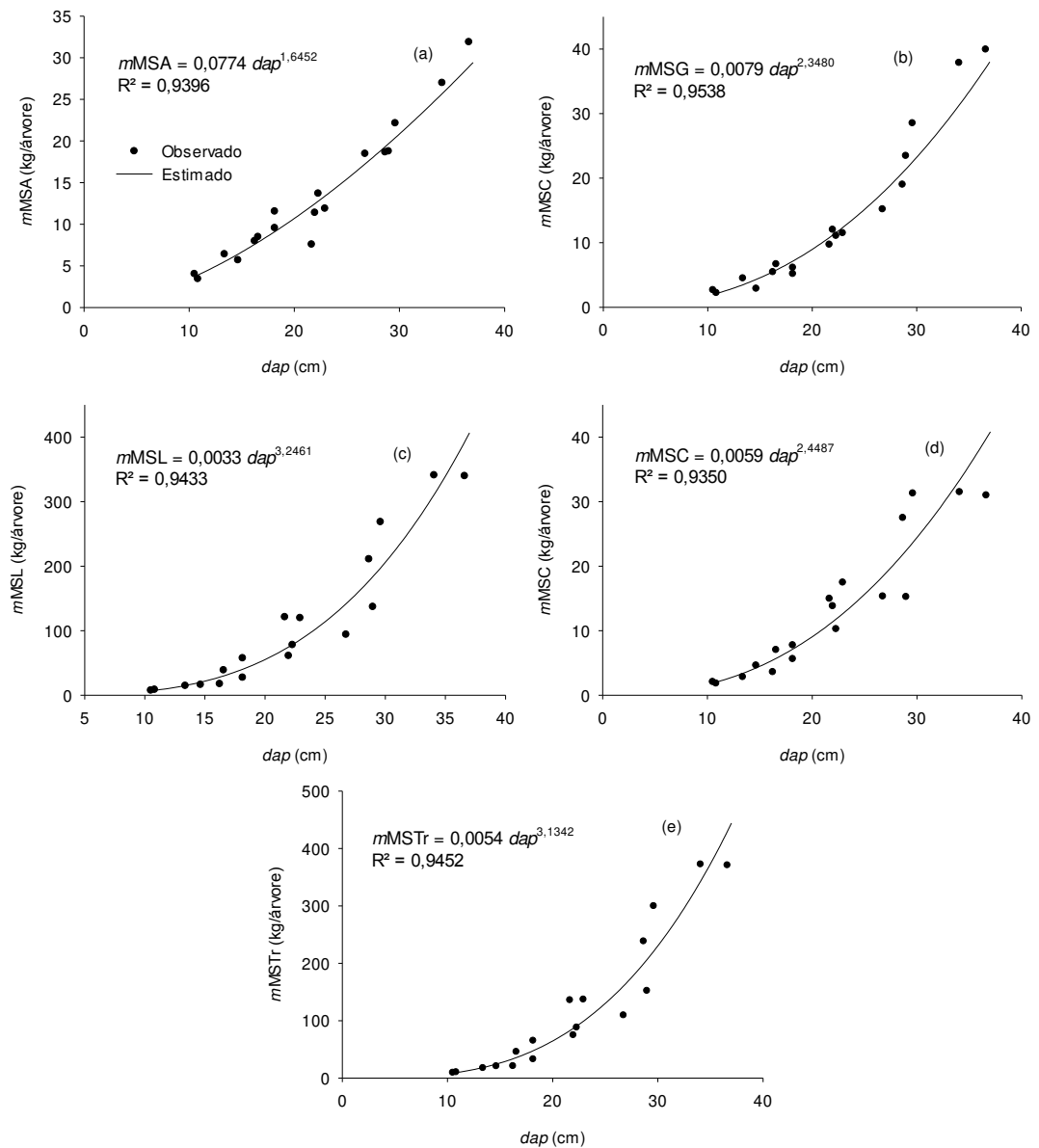
**Figura 22.** (a) Massa de matéria seca de folhas ( $mMSF$ ), (b) Massa de matéria seca de galhos ( $mMSG$ ), (c) Massa de matéria seca de lenho ( $mMSL$ ), (d) Massa de matéria seca de casca ( $mMSC$ ) e (e) Massa de matéria seca de tronco ( $mMSTr$ ); em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito ( $dap$ ), para plantios de *E. grandis* (seminal) na Província de Corrientes – Argentina.



**Figura 23.** (a) Massa de matéria seca de folhas ( $mMSF$ ), (b) Massa de matéria seca de galhos ( $mMSG$ ), (c) Massa de matéria seca de lenho ( $mMSL$ ), (d) Massa de matéria seca de casca ( $mMSC$ ) e (e) Massa de matéria seca de tronco ( $mMSTr$ ); em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito ( $dap$ ), para plantios de *E. grandis* (clonal) na Província de Corrientes – Argentina.



**Figura 24.** (a) Massa de matéria seca de acículas ( $mMSA$ ), (b) Massa de matéria seca de galhos ( $mMSG$ ), (c) Massa de matéria seca de lenho ( $mMSL$ ), (d) Massa de matéria seca de casca ( $mMSC$ ) e (e) Massa de matéria seca de tronco ( $mMSTr$ ); em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito ( $dap$ ), para plantios de *P. taeda* na Província de Corrientes – Argentina.



**Figura 25.** (a) Massa de matéria seca de acículas ( $mMSA$ ), (b) Massa de matéria seca de galhos ( $mMSG$ ), (c) Massa de matéria seca de lenho ( $mMSL$ ), (d) Massa de matéria seca de casca ( $mMSC$ ) e (e) Massa de matéria seca de tronco ( $mMSTr$ ); em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito ( $dap$ ), para plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) na Província de Corrientes – Argentina.

Da mesma maneira que foi observado para as variáveis de massa de matéria seca, nos conteúdos de nutrientes, em geral, obtiveram-se melhores ajustes nos componentes lenho, casca e tronco em relação a galhos e a folhas. Por sua vez, geralmente, os ajustes para conteúdos de nutrientes nos galhos foram maiores com relação aos ajustes obtidos para conteúdos de nutrientes nas folhas (Quadros 17 a 24).

De maneira geral, no que se refere aos conteúdos de nutrientes nos componentes dos materiais estudados neste trabalho, ficou evidente que: o modelo potencial foi o que se ajustou melhor na maioria dos casos, seguido pelo modelo exponencial e em apenas um caso o modelo linear teve melhor ajuste. Em *Eucalyptus* (Quadros 17 a 20), o modelo potencial apresentou melhor ajuste para os conteúdos de todos os nutrientes no lenho, na casca e no tronco. Já para *Pinus* (Quadros 21 a 24), o modelo potencial teve melhor ajuste para os conteúdos dos nutrientes no lenho, na casca e no tronco em 90,9 % dos casos, sendo que no restante 9,1 % observou-se melhor ajuste com o modelo exponencial.

Os conteúdos de nutrientes em folhas de *Eucalyptus* tiveram melhor ajuste com o modelo potencial em 63,6 % dos casos, entanto que o modelo exponencial apresentou melhor ajuste em 36,4 % das ocasiões (Quadros 17 a 20). Para os conteúdos de nutrientes nas acículas de *Pinus* (Quadros 21 a 24) a tendência foi invertida, observando-se melhor ajuste com o modelo exponencial em 77,3 % dos casos, sendo que o modelo potencial teve melhor ajuste em 18,2 % das situações (o restante 4,5 % corresponde a uma única ocasião em que o modelo linear apresentou melhor ajuste).

Os modelos potencial e exponencial apresentaram melhor ajuste em iguais percentagens (50 e 50 %) para os conteúdos de nutrientes em galhos de *Eucalyptus* (Quadros 17 a 20). Já os conteúdos de nutrientes em galhos de *Pinus* tiveram melhor ajuste com o modelo potencial em 54,5 % dos casos e com o modelo exponencial em 45,5 % das ocasiões (Quadros 21 a 24).

**Quadro 17.** Equações de conteúdos (demanda) de macronutrientes por componente, em g/árvore, em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito (*dap*), em cm, para plantios de *E. grandis* (seminal) na Província de Corrientes – Argentina

Nutriente	Componente	Equação	R <sup>2</sup>
N	Folhas	$\hat{y} = 34,581 e^{0,0791 dap}$	0,7795
	Galhos	$\hat{y} = 8,8358 e^{0,1043 dap}$	0,8890
	Lenho	$\hat{y} = 0,0506 dap^{2,5202}$	0,9835
	Casca	$\hat{y} = 0,0394 dap^{2,3137}$	0,9825
	Tronco	$\hat{y} = 0,0868 dap^{2,4597}$	0,9859
P	Folhas	$\hat{y} = 0,3465 dap^{1,1831}$	0,7627
	Galhos	$\hat{y} = 0,1107 dap^{1,5734}$	0,8457
	Lenho	$\hat{y} = 0,0104 dap^{2,2632}$	0,9598
	Casca	$\hat{y} = 0,0036 dap^{2,5474}$	0,9231
	Tronco	$\hat{y} = 0,0142 dap^{2,3649}$	0,9569
K	Folhas	$\hat{y} = 9,4580 e^{0,0865 dap}$	0,8424
	Galhos	$\hat{y} = 9,6758 e^{0,1002 dap}$	0,8319
	Lenho	$\hat{y} = 0,1099 dap^{2,2796}$	0,9777
	Casca	$\hat{y} = 0,0346 dap^{2,4627}$	0,9569
	Tronco	$\hat{y} = 0,1393 dap^{2,3537}$	0,9817
Ca	Folhas	$\hat{y} = 1,7937 dap^{1,3616}$	0,7734
	Galhos	$\hat{y} = 11,754 e^{0,1087 dap}$	0,9135
	Lenho	$\hat{y} = 0,0392 dap^{2,6135}$	0,9861
	Casca	$\hat{y} = 0,0770 dap^{2,8346}$	0,9692
	Tronco	$\hat{y} = 0,1141 dap^{2,7869}$	0,9799
Mg	Folhas	$\hat{y} = 2,8454 e^{0,0915 dap}$	0,8344
	Galhos	$\hat{y} = 1,3583 e^{0,1210 dap}$	0,9140
	Lenho	$\hat{y} = 0,0119 dap^{2,3414}$	0,9860
	Casca	$\hat{y} = 0,0158 dap^{2,4955}$	0,9707
	Tronco	$\hat{y} = 0,0279 dap^{2,4388}$	0,9832
S	Folhas	$\hat{y} = 2,0205 e^{0,0803 dap}$	0,7798
	Galhos	$\hat{y} = 0,0557 dap^{1,7456}$	0,9168
	Lenho	$\hat{y} = 0,0125 dap^{2,4289}$	0,9886
	Casca	$\hat{y} = 0,0064 dap^{2,2874}$	0,9509
	Tronco	$\hat{y} = 0,0205 dap^{2,3637}$	0,9863

**Quadro 18.** Equações de conteúdos (demanda) de micronutrientes por componente, em mg/árvore, em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito (*dap*), em cm, para plantios de *E. grandis* (seminal) na Província de Corrientes – Argentina

Nutriente	Componente	Equação	R <sup>2</sup>
Cu	Folhas	$\hat{y} = 20,075 e^{0,0694 \text{ dap}}$	0,6672
	Galhos	$\hat{y} = 12,182 e^{0,1029 \text{ dap}}$	0,8883
	Lenho	$\hat{y} = 0,1922 \text{ dap}^{2,1467}$	0,9385
	Casca	$\hat{y} = 0,0262 \text{ dap}^{2,4295}$	0,9709
	Tronco	$\hat{y} = 0,2233 \text{ dap}^{2,1971}$	0,9682
Fe	Folhas	$\hat{y} = 170,77 e^{0,0754 \text{ dap}}$	0,7359
	Galhos	$\hat{y} = 157,88 e^{0,0781 \text{ dap}}$	0,6512
	Lenho	$\hat{y} = 14,203 \text{ dap}^{1,8455}$	0,4930
	Casca	$\hat{y} = 0,7610 \text{ dap}^{1,8528}$	0,9335
	Tronco	$\hat{y} = 18,153 \text{ dap}^{1,7906}$	0,5109
Zn	Folhas	$\hat{y} = 24,309 e^{0,0721 \text{ dap}}$	0,6921
	Galhos	$\hat{y} = 11,410 e^{0,1064 \text{ dap}}$	0,8781
	Lenho	$\hat{y} = 0,6403 \text{ dap}^{2,2643}$	0,7313
	Casca	$\hat{y} = 0,0848 \text{ dap}^{2,2266}$	0,9429
	Tronco	$\hat{y} = 0,8217 \text{ dap}^{2,2387}$	0,7926
Mn	Folhas	$\hat{y} = 2783,8 e^{0,0736 \text{ dap}}$	0,5866
	Galhos	$\hat{y} = 860,44 e^{0,1158 \text{ dap}}$	0,8695
	Lenho	$\hat{y} = 3,4410 \text{ dap}^{2,4493}$	0,9711
	Casca	$\hat{y} = 12,688 \text{ dap}^{2,3654}$	0,9670
	Tronco	$\hat{y} = 16,264 \text{ dap}^{2,3842}$	0,9721
B	Folhas	$\hat{y} = 4,9112 \text{ dap}^{1,6809}$	0,8654
	Galhos	$\hat{y} = 68,567 e^{0,1124 \text{ dap}}$	0,8992
	Lenho	$\hat{y} = 0,6324 \text{ dap}^{2,7995}$	0,9869
	Casca	$\hat{y} = 0,4345 \text{ dap}^{2,3797}$	0,9856
	Tronco	$\hat{y} = 0,9879 \text{ dap}^{2,7129}$	0,9894

**Quadro 19.** Equações de conteúdos (demanda) de macronutrientes por componente, em g/árvore, em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito (*dap*), em cm, para plantios de *E. grandis* (clonal) na Província de Corrientes – Argentina

Nutriente	Componente	Equação	R <sup>2</sup>
N	Folhas	$\hat{y} = 6,2832 \text{ dap}^{1,1917}$	0,7404
	Galhos	$\hat{y} = 0,7526 \text{ dap}^{1,5065}$	0,8101
	Lenho	$\hat{y} = 0,0454 \text{ dap}^{2,5349}$	0,9852
	Casca	$\hat{y} = 0,0286 \text{ dap}^{2,4114}$	0,9943
	Tronco	$\hat{y} = 0,0731 \text{ dap}^{2,4975}$	0,9899
P	Folhas	$\hat{y} = 0,3061 \text{ dap}^{1,2678}$	0,8198
	Galhos	$\hat{y} = 0,0914 \text{ dap}^{1,4933}$	0,8019
	Lenho	$\hat{y} = 0,0099 \text{ dap}^{2,3304}$	0,9406
	Casca	$\hat{y} = 0,0014 \text{ dap}^{2,8826}$	0,9118
	Tronco	$\hat{y} = 0,0088 \text{ dap}^{2,5769}$	0,9458
K	Folhas	$\hat{y} = 1,7406 \text{ dap}^{1,2056}$	0,6943
	Galhos	$\hat{y} = 1,5930 \text{ dap}^{1,2213}$	0,6600
	Lenho	$\hat{y} = 0,1512 \text{ dap}^{2,1907}$	0,9125
	Casca	$\hat{y} = 0,0236 \text{ dap}^{2,5777}$	0,9744
	Tronco	$\hat{y} = 0,1422 \text{ dap}^{2,3672}$	0,9802
Ca	Folhas	$\hat{y} = 2,1852 \text{ dap}^{1,2029}$	0,8019
	Galhos	$\hat{y} = 5,2849 e^{0,1287 \text{ dap}}$	0,9423
	Lenho	$\hat{y} = 0,0360 \text{ dap}^{2,5584}$	0,8616
	Casca	$\hat{y} = 0,0916 \text{ dap}^{2,6961}$	0,9559
	Tronco	$\hat{y} = 0,1196 \text{ dap}^{2,6975}$	0,9632
Mg	Folhas	$\hat{y} = 0,4089 \text{ dap}^{1,3127}$	0,8940
	Galhos	$\hat{y} = 0,0694 \text{ dap}^{1,7531}$	0,9102
	Lenho	$\hat{y} = 0,0069 \text{ dap}^{2,5698}$	0,9648
	Casca	$\hat{y} = 0,0102 \text{ dap}^{2,6275}$	0,9705
	Tronco	$\hat{y} = 0,0170 \text{ dap}^{2,6092}$	0,9712
S	Folhas	$\hat{y} = 0,3944 \text{ dap}^{1,1768}$	0,7860
	Galhos	$\hat{y} = 0,0477 \text{ dap}^{1,6980}$	0,8443
	Lenho	$\hat{y} = 0,0118 \text{ dap}^{2,3709}$	0,9657
	Casca	$\hat{y} = 0,0033 \text{ dap}^{2,5081}$	0,9894
	Tronco	$\hat{y} = 0,0155 \text{ dap}^{2,3967}$	0,9803

**Quadro 20.** Equações de conteúdos (demanda) de micronutrientes por componente, em mg/árvore, em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito (*dap*), em cm, para plantios de *E. grandis* (clonal) na Província de Corrientes – Argentina

Nutriente	Componente	Equação	R <sup>2</sup>
Cu	Folhas	$\hat{y} = 4,1689 \text{ dap}^{1,0532}$	0,6509
	Galhos	$\hat{y} = 1,5850 \text{ dap}^{1,3347}$	0,8427
	Lenho	$\hat{y} = 0,2454 \text{ dap}^{1,9930}$	0,9511
	Casca	$\hat{y} = 0,0217 \text{ dap}^{2,4472}$	0,9873
	Tronco	$\hat{y} = 0,2467 \text{ dap}^{2,0939}$	0,9713
Fe	Folhas	$\hat{y} = 45,744 \text{ dap}^{1,0773}$	0,5925
	Galhos	$\hat{y} = 165,47 \text{ e}^{0,0782 \text{ dap}}$	0,1672
	Lenho	$\hat{y} = 12,873 \text{ dap}^{1,8952}$	0,3940
	Casca	$\hat{y} = 0,7060 \text{ dap}^{1,9252}$	0,8997
	Tronco	$\hat{y} = 16,644 \text{ dap}^{1,8360}$	0,4140
Zn	Folhas	$\hat{y} = 4,1922 \text{ dap}^{1,1118}$	0,7223
	Galhos	$\hat{y} = 0,6203 \text{ dap}^{1,6876}$	0,8385
	Lenho	$\hat{y} = 0,0880 \text{ dap}^{3,0917}$	0,8925
	Casca	$\hat{y} = 0,1314 \text{ dap}^{2,1072}$	0,9749
	Tronco	$\hat{y} = 0,1483 \text{ dap}^{2,9488}$	0,9113
Mn	Folhas	$\hat{y} = 1293,2 \text{ dap}^{0,7767}$	0,3139
	Galhos	$\hat{y} = 142,05 \text{ dap}^{1,3531}$	0,6728
	Lenho	$\hat{y} = 9,8902 \text{ dap}^{2,1818}$	0,7768
	Casca	$\hat{y} = 30,743 \text{ dap}^{2,0591}$	0,8204
	Tronco	$\hat{y} = 40,656 \text{ dap}^{2,0937}$	0,8072
B	Folhas	$\hat{y} = 9,9351 \text{ dap}^{1,4097}$	0,8565
	Galhos	$\hat{y} = 7,0548 \text{ dap}^{1,4987}$	0,8946
	Lenho	$\hat{y} = 0,4749 \text{ dap}^{2,9502}$	0,9844
	Casca	$\hat{y} = 0,3985 \text{ dap}^{2,3587}$	0,9789
	Tronco	$\hat{y} = 0,7540 \text{ dap}^{2,8409}$	0,9858

**Quadro 21.** Equações de conteúdos (demanda) de macronutrientes por componente, em g/árvore, em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito (*dap*), em cm, para plantios de *P. taeda* na Província de Corrientes – Argentina

Nutriente	Componente	Equação	R <sup>2</sup>
N	Acículas	$\hat{y} = 39,189 e^{0,0698 \text{ dap}}$	0,7793
	Galhos	$\hat{y} = 0,3727 \text{ dap}^{1,9642}$	0,8568
	Lenho	$\hat{y} = 0,0288 \text{ dap}^{2,6249}$	0,9462
	Casca	$\hat{y} = 0,0190 \text{ dap}^{2,3609}$	0,9462
	Tronco	$\hat{y} = 0,0449 \text{ dap}^{2,5658}$	0,9522
P	Acículas	$\hat{y} = 3,2000 e^{0,0614 \text{ dap}}$	0,7271
	Galhos	$\hat{y} = 0,0948 \text{ dap}^{1,6694}$	0,7671
	Lenho	$\hat{y} = 0,0067 \text{ dap}^{2,2066}$	0,8841
	Casca	$\hat{y} = 0,0055 \text{ dap}^{1,8812}$	0,8811
	Tronco	$\hat{y} = 0,0111 \text{ dap}^{2,1320}$	0,8953
K	Acículas	$\hat{y} = 6,7419 e^{0,0785 \text{ dap}}$	0,8090
	Galhos	$\hat{y} = 5,2363 e^{0,1012 \text{ dap}}$	0,7266
	Lenho	$\hat{y} = 0,0099 \text{ dap}^{2,6976}$	0,9091
	Casca	$\hat{y} = 0,4301 e^{0,1160 \text{ dap}}$	0,8152
	Tronco	$\hat{y} = 0,0149 \text{ dap}^{2,6162}$	0,9110
Ca	Acículas	$\hat{y} = 11,058 e^{0,0562 \text{ dap}}$	0,6006
	Galhos	$\hat{y} = 4,2496 e^{0,0858 \text{ dap}}$	0,8124
	Lenho	$\hat{y} = 0,0053 \text{ dap}^{3,0480}$	0,9160
	Casca	$\hat{y} = 0,0093 \text{ dap}^{1,9429}$	0,5966
	Tronco	$\hat{y} = 0,0073 \text{ dap}^{2,9684}$	0,9061
Mg	Acículas	$\hat{y} = 1,5406 e^{0,0857 \text{ dap}}$	0,8090
	Galhos	$\hat{y} = 0,0160 \text{ dap}^{2,2355}$	0,8936
	Lenho	$\hat{y} = 0,0010 \text{ dap}^{3,0580}$	0,9417
	Casca	$\hat{y} = 0,0007 \text{ dap}^{2,6592}$	0,8748
	Tronco	$\hat{y} = 0,0015 \text{ dap}^{2,9879}$	0,9377
S	Acículas	$\hat{y} = 2,1299 e^{0,0695 \text{ dap}}$	0,7821
	Galhos	$\hat{y} = 0,8956 e^{0,1151 \text{ dap}}$	0,8562
	Lenho	$\hat{y} = 0,0027 \text{ dap}^{3,0155}$	0,9202
	Casca	$\hat{y} = 0,0018 \text{ dap}^{2,5882}$	0,9330
	Tronco	$\hat{y} = 0,0039 \text{ dap}^{2,9454}$	0,9299

**Quadro 22.** Equações de conteúdos (demanda) de micronutrientes por componente, em mg/árvore, em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito (*dap*), em cm, para plantios de *P. taeda* na Província de Corrientes – Argentina

Nutriente	Componente	Equação	R <sup>2</sup>
Cu	Acículas	$\hat{y} = 8,5565 e^{0,0670 dap}$	0,7247
	Galhos	$\hat{y} = 0,6646 dap^{1,7292}$	0,7904
	Lenho	$\hat{y} = 4,3999 e^{0,1258 dap}$	0,9483
	Casca	$\hat{y} = 0,0287 dap^{2,2742}$	0,9611
	Tronco	$\hat{y} = 6,2555 e^{0,1249 dap}$	0,9561
Fe	Acículas	$\hat{y} = 301,79 e^{0,0521 dap}$	0,3408
	Galhos	$\hat{y} = 4,5646 dap^{1,9553}$	0,6105
	Lenho	$\hat{y} = 153,83 dap^{0,9928}$	0,1097
	Casca	$\hat{y} = 0,9511 dap^{2,1457}$	0,7791
	Tronco	$\hat{y} = 136,54 dap^{1,1274}$	0,1760
Zn	Acículas	$\hat{y} = 71,363 e^{0,0641 dap}$	0,6091
	Galhos	$\hat{y} = 1,2557 dap^{1,9869}$	0,8476
	Lenho	$\hat{y} = 0,0510 dap^{3,2197}$	0,6615
	Casca	$\hat{y} = 0,0480 dap^{2,5315}$	0,8822
	Tronco	$\hat{y} = 0,0761 dap^{3,1412}$	0,7008
Mn	Acículas	$\hat{y} = 4287,2 e^{0,0539 dap}$	0,4830
	Galhos	$\hat{y} = 56,704 dap^{1,5011}$	0,6877
	Lenho	$\hat{y} = 2,0680 dap^{2,8434}$	0,9017
	Casca	$\hat{y} = 2,6461 dap^{1,7793}$	0,8018
	Tronco	$\hat{y} = 2,6987 dap^{2,7742}$	0,8987
B	Acículas	$\hat{y} = 99,891 e^{0,0763 dap}$	0,8669
	Galhos	$\hat{y} = 1,6612 dap^{2,0893}$	0,8637
	Lenho	$\hat{y} = 0,1949 dap^{2,9464}$	0,9538
	Casca	$\hat{y} = 0,1375 dap^{2,3557}$	0,9416
	Tronco	$\hat{y} = 0,2722 dap^{2,8747}$	0,9557

**Quadro 23.** Equações de conteúdos (demanda) de macronutrientes por componente, em g/árvore, em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito (*dap*), em cm, para plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) na Província de Corrientes – Argentina

Nutriente	Componente	Equação	R <sup>2</sup>
N	Acículas	$\hat{y} = 27,584 e^{0,0777 dap}$	0,9368
	Galhos	$\hat{y} = 3,7023 e^{0,1235 dap}$	0,9564
	Lenho	$\hat{y} = 0,0090 dap^{3,0114}$	0,9667
	Casca	$\hat{y} = 0,0128 dap^{2,5961}$	0,9498
	Tronco	$\hat{y} = 0,0185 dap^{2,8870}$	0,9680
P	Acículas	$\hat{y} = 2,2731 e^{0,0663 dap}$	0,8599
	Galhos	$\hat{y} = 0,4840 e^{0,1234 dap}$	0,8870
	Lenho	$\hat{y} = 0,0013 dap^{2,7554}$	0,9714
	Casca	$\hat{y} = 0,0029 dap^{2,1619}$	0,9113
	Tronco	$\hat{y} = 0,0030 dap^{2,5865}$	0,9773
K	Acículas	$\hat{y} = 11,231 e^{0,0640 dap}$	0,7600
	Galhos	$\hat{y} = 2,2441 e^{0,1332 dap}$	0,7972
	Lenho	$\hat{y} = 0,0025 dap^{3,0867}$	0,9298
	Casca	$\hat{y} = 0,0012 dap^{2,8026}$	0,7139
	Tronco	$\hat{y} = 0,0037 dap^{3,0271}$	0,9213
Ca	Acículas	$\hat{y} = 8,7914 e^{0,0724 dap}$	0,7108
	Galhos	$\hat{y} = 0,0543 dap^{1,8327}$	0,7650
	Lenho	$\hat{y} = 0,0026 dap^{3,2715}$	0,9471
	Casca	$\hat{y} = 0,5493 e^{0,1042 dap}$	0,7763
	Tronco	$\hat{y} = 0,0045 dap^{3,1363}$	0,9461
Mg	Acículas	$\hat{y} = 0,0396 dap^{1,8292}$	0,8134
	Galhos	$\hat{y} = 0,0024 dap^{2,6240}$	0,8808
	Lenho	$\hat{y} = 0,0007 dap^{3,0784}$	0,9558
	Casca	$\hat{y} = 0,0016 dap^{2,4414}$	0,9018
	Tronco	$\hat{y} = 0,0015 dap^{2,9246}$	0,9543
S	Acículas	$\hat{y} = 1,3208 e^{0,0867 dap}$	0,8955
	Galhos	$\hat{y} = 0,1128 e^{0,1460 dap}$	0,7083
	Lenho	$\hat{y} = 0,0019 dap^{3,2299}$	0,9538
	Casca	$\hat{y} = 0,0003 dap^{3,2352}$	0,7797
	Tronco	$\hat{y} = 0,0022 dap^{3,2364}$	0,9399

**Quadro 24.** Equações de conteúdos (demanda) de micronutrientes por componente, em mg/árvore, em função do crescimento expresso em diâmetro à altura do peito (*dap*), em cm, para plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) na Província de Corrientes – Argentina

Nutriente	Componente	Equação	R <sup>2</sup>
Cu	Acículas	$\hat{y} = 0,6139 \text{ dap}^{1,3441}$	0,8741
	Galhos	$\hat{y} = 5,3486 e^{0,1136 \text{ dap}}$	0,7720
	Lenho	$\hat{y} = 0,0232 \text{ dap}^{2,6552}$	0,9641
	Casca	$\hat{y} = 0,0372 \text{ dap}^{2,2461}$	0,9195
	Tronco	$\hat{y} = 0,0500 \text{ dap}^{2,5325}$	0,9740
Fe	Acículas	$\hat{y} = - 143,56 + 68,5 \text{ dap}$	0,4591
	Galhos	$\hat{y} = 1,2102 \text{ dap}^{2,1998}$	0,5042
	Lenho	$\hat{y} = 100,46 e^{0,1275 \text{ dap}}$	0,3786
	Casca	$\hat{y} = 3,6767 \text{ dap}^{1,6103}$	0,4531
	Tronco	$\hat{y} = 187,59 e^{0,1151 \text{ dap}}$	0,4166
Zn	Acículas	$\hat{y} = 1,9517 \text{ dap}^{1,6383}$	0,8223
	Galhos	$\hat{y} = 0,0450 \text{ dap}^{2,7682}$	0,8705
	Lenho	$\hat{y} = 0,0280 \text{ dap}^{3,1318}$	0,8691
	Casca	$\hat{y} = 0,0115 \text{ dap}^{2,9617}$	0,8680
	Tronco	$\hat{y} = 0,0409 \text{ dap}^{3,0831}$	0,8823
Mn	Acículas	$\hat{y} = 1333,3 e^{0,0787 \text{ dap}}$	0,7759
	Galhos	$\hat{y} = 124,45 e^{0,1008 \text{ dap}}$	0,9006
	Lenho	$\hat{y} = 0,2999 \text{ dap}^{3,2091}$	0,8751
	Casca	$\hat{y} = 0,5942 \text{ dap}^{2,1567}$	0,8485
	Tronco	$\hat{y} = 0,4293 \text{ dap}^{3,1191}$	0,8756
B	Acículas	$\hat{y} = 4,3660 \text{ dap}^{1,5500}$	0,7941
	Galhos	$\hat{y} = 36,805 e^{0,1195 \text{ dap}}$	0,9451
	Lenho	$\hat{y} = 0,1523 \text{ dap}^{3,0407}$	0,9318
	Casca	$\hat{y} = 0,1780 \text{ dap}^{2,4108}$	0,8344
	Tronco	$\hat{y} = 0,2461 \text{ dap}^{2,9378}$	0,9273

A partir da produtividade esperada, estimada pelo 3-PG, considerando o *dap* estimado como saída deste modelo ecofisiológico (lembrando que também pode ser usado um valor de *dap* estipulado pelo manejador florestal ao envez daquela obtido com o 3-PG), e fazendo uso das equações apresentadas nas figuras 22 a 25 e nos quadros 17 a 24 fazem-se os cálculos das massas de matéria seca e dos conteúdos de macro e micronutrientes de cada um dos componentes da parte aérea das árvores (os valores de cada componente calculados por árvore devem, na sequência, ser multiplicados pelo número de árvores por hectare que compõem o povoamento). Assim, se obtém a demanda de cada nutriente

por componente, e, somando as demandas de cada nutriente para as folhas/acículas, os galhos, o lenho e a casca; calcula-se a demanda nutricional da parte aérea.

Cabe destacar que, a demanda de cada nutriente para cada componente da árvore equivale ao conteúdo, ou acúmulo, do nutriente no órgão.

Neste trabalho não foi feita amostragem de raízes, conseqüentemente não é possível estimar a demanda de nutrientes deste componente das árvores com base em valores medidos nesta pesquisa. Para contornar este problema optou-se por buscar na literatura dados referentes à partição de nutrientes para as raízes das espécies/híbrido em estudo. Desta maneira, estimando a demanda nutricional da parte aérea e conhecendo a partição de cada nutriente nas raízes, em relação ao conteúdo do nutriente na árvore como um todo, é possível estimar a demanda total de cada nutriente por árvore. Este cálculo é feito como se indica na equação 33.

$$Dem. total_{Ni} = \frac{Dem.P.A. Ni}{(100 - Part. raízes_{Ni})} \cdot 100 \quad (Eq. 33)$$

em que:

Dem. total  $_{Ni}$  = demanda do nutriente “ i ” na árvore como um todo, em g/árvore e mg/árvore para macro e micronutrientes, respectivamente;

Dem. P. A.  $_{Ni}$  = demanda do nutriente “ i ” na parte aérea, em g/árvore e mg/árvore para macro e micronutrientes, respectivamente;

Part. Raízes  $_{Ni}$  = partição do nutriente “ i ” nas raízes, em relação ao conteúdo do nutriente “ i ” na árvore como um todo, cujos valores são apresentados nos quadros 25 a 27.

Contudo, destaca-se que são poucos os trabalhos na literatura em que se estudou tanto as raízes quanto a parte aérea, sendo que na grande maioria dos trabalhos encontrados (em uma revisão contemplando trabalhos desde finais da década de 70 até o presente) amostrou-se unicamente a parte aérea.

Para *E. grandis* (seminal) foram ajustadas equações (Quadro 25) com base em Reis et al. (1987) que analisou N, P, K, Ca e Mg na parte aérea e raízes de *E. grandis* “seminal”. Como não se encontrou trabalho algum que tivesse partição do conteúdo de S, Cu, Fe, Zn, Mn e B para as raízes em *E. grandis* “seminal”, optou-se, para estes nutrientes, por utilizar os mesmos valores das partições ajustadas para *E. grandis* “clonal” com base no trabalho de Neves (2000).

**Quadro 25.** Partição de cada nutriente nas raízes, em relação ao conteúdo do nutriente na árvore como um todo, para *E. grandis* (seminal)

Nutriente	Partição (%)	R <sup>2</sup>
N <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 20,651 - 2,564 \ln(dap)$	0,7693
P <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 16,094 - 0,4863 dap$	0,6921
K <sup>1/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 13,3$	-
Ca <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 14,876 e^{-0,044 dap}$	0,7001
Mg <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 1,3448 + 1,8835 dap$	0,9828
S <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 13,9$	-
Cu <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 7,9$	-
Fe <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 18,5$	-
Zn <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 6,2$	-
Mn <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 6,1$	-
B <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 7,3$	-

<sup>1/</sup> Ajustado a partir de Reis et al. (1987). <sup>2/</sup> Ajustado a partir de Neves (2000).

Para *E. grandis* (clonal) foram ajustadas equações (Quadro 26) a partir do trabalho de Neves (2000) que analisou macro e micronutrientes na parte aérea e raízes de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*.

**Quadro 26.** Partição de cada nutriente nas raízes, em relação ao conteúdo do nutriente na árvore como um todo, para *E. grandis* (clonal)

Nutriente <sup>1/</sup>	Partição (%)
N	$\hat{y} = \bar{y} = 19,8$
P	$\hat{y} = \bar{y} = 16,9$
K	$\hat{y} = \bar{y} = 14,0$
Ca	$\hat{y} = \bar{y} = 9,0$
Mg	$\hat{y} = \bar{y} = 7,6$
S	$\hat{y} = \bar{y} = 13,9$
Cu	$\hat{y} = \bar{y} = 7,9$
Fe	$\hat{y} = \bar{y} = 18,5$
Zn	$\hat{y} = \bar{y} = 6,2$
Mn	$\hat{y} = \bar{y} = 6,1$
B	$\hat{y} = \bar{y} = 7,3$

<sup>1/</sup> Todos os nutrientes foram ajustados a partir de Neves (2000).

Para *P. taeda* foram ajustadas equações (Quadro 27) a partir dos trabalhos de Barros Filho (2003) que analisou N, P, K, Ca e Mg na parte aérea e raízes de *P. taeda* e Witschoreck (2008) que analisou macro e micronutrientes na parte aérea e raízes também de *P. taeda*. No referente ao P. híbrido, pelo fato de não ter encontrado na literatura dados para ajustar as equações de partição dos conteúdos de nutrientes para as raízes, em relação à parte aérea, optou-se, por recomendar para este híbrido a utilização das mesmas equações que foram ajustadas para *P. taeda* (Quadro 27).

**Quadro 27.** Partição de cada nutriente nas raízes, em relação ao conteúdo do nutriente na árvore como um todo, para *P. taeda* e Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*)

Nutriente	Partição (%)	R <sup>2</sup>
N <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 41,071 e^{-0,028 dap}$	0,9367
P <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 55,45 - 13,01 \ln (dap)$	0,9200
K <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 36,279 e^{-0,036 dap}$	0,9055
Ca <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 32,172 e^{-0,017 dap}$	0,6470
Mg <sup>1/</sup>	$\hat{y} = 58,413 - 12,21 \ln (dap)$	0,7984
S <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 20$	-
Cu <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 12$	-
Fe <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 12$	-
Zn <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 7$	-
Mn <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 6$	-
B <sup>2/</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 20$	-

<sup>1/</sup> Ajustado a partir de Barros Filho (2003) e Witschoreck (2008). <sup>2/</sup> Ajustado a partir de Witschoreck (2008).

A maneira de exemplo, sugere-se utilizar um *dap* = 20 cm para observar os valores estimados para os diferentes atributos (Quadro 28). Levando em consideração que, para isto são utilizadas as equações que fazem parte de cada uma das quatro parametrizações obtidas neste trabalho para os módulos requerimento (Figuras 22 a 25).

**Quadro 28.** Valores estimados para massa de matéria seca de cada componente das árvores (em kg/árvore) de *Eucalyptus* e *Pinus* considerando um *dap* = 20 cm

Atributo	Espécie/híbrido			
	<i>E. grandis</i> (seminal)	<i>E. grandis</i> (clonal)	<i>P. taeda</i>	P. híbrido
<i>mMSF</i> ou <i>mMSA</i>	10,1	10,7	10,1	10,7
<i>mMSG</i>	19,1	11,8	17,5	9,0
<i>mMSL</i>	98,8	99,6	59,6	55,2
<i>mMSC</i>	11,0	9,9	5,7	9,1
<i>mMSTr</i>	109,8	109,5	65,3	64,3
<i>mMSPA</i>	139,1	132,0	92,9	83,9

*mMSF* = massa de matéria seca de folhas. *mMSA* = massa de matéria seca de acículas. *mMSG* = massa de matéria seca de galhos. *mMSL* = massa de matéria seca de lenho. *mMSC* = massa de matéria seca de casca. *mMSTr* = massa de matéria seca de tronco. *mMSPA* = massa de matéria seca da parte aérea.

Ao observar o quadro 28, dentro dos *Eucalyptus* destaca-se o fato de que o *E. grandis* (clonal) possui uma massa de matéria seca de folhas que levemente superior à de *E. grandis* (seminal). No entanto, para este mesmo *dap*, a massa de matéria seca de galhos estimada para *E. grandis* (seminal) supera em aproximadamente 60 % aquela estimada para *E. grandis* (clonal). Assim, percebe-se que a massa de matéria seca de copa do *E. grandis* (seminal) é superior (29,2 kg/árvore) que a de *E. grandis* (clonal) (22,5 kg/árvore), porém que essa diferença deve-se principalmente ao maior investimento em galhos feito pelo material seminal. Por sua vez, as massas de matéria seca estimadas de lenho e casca são semelhantes (Quadro 28), tendo-se percebido apenas uma tendência do material seminal a ter mais casca em relação ao material clonal. Cabe destacar que, no *E. grandis* (clonal) 75,5 % da *mMSPA* correspondeu ao lenho, sendo que para *E. grandis* (seminal) essa percentagem foi de 71,0 %.

Para *Pinus* tem-se que a estimativa de massa de matéria seca de acículas do P. híbrido foi levemente superior à correspondente para *P. taeda* (Quadro 28). Entretanto, a estimativa de massa de matéria seca de galhos do *P. taeda* foi aproximadamente o dobro daquela que se esperaria ter para o P. híbrido. Da mesma maneira que foi observado em *Eucalyptus*, percebe-se que a massa de matéria seca de copa foi maior para um dos *Pinus*, neste caso o *P. taeda*, (27,6 e 19,7 kg/árvore, para *P. taeda* e P. híbrido, respectivamente), mas fica claro que essa diferença deve-se principalmente a que o *P. taeda* tem muito mais galhos em relação ao P. híbrido. Por outro lado, mesmo que a massa de matéria seca de tronco seja parecida em

ambos *Pinus*, destaca-se que a proporção de lenho e de casca difere entre esses *Pinus*. Para este exemplo, observou-se que da *mMSTr* no *P. taeda* 8,7 % correspondeu a casca e 91,3 % a lenho, enquanto que no *P. híbrido* 14,2 % foi casca e 85,8 % lenho. Em relação à percentagem da *mMSPA* que é representada pelo lenho pode-se observar que a diferença entre os materiais foi menor que a observada nos *Eucalyptus*, sendo de 65,8 % no *P. híbrido* e de 64,8 % no *P. taeda*.

Desta maneira, fica evidente que para um mesmo *dap* cada material estudado possui características distintivas em relação à proporção dos tecidos que seriam formados pelas árvores. Levando isso em consideração e devido a que os conteúdos também são variáveis entre espécies e tecidos, e de se esperar que as demandas nutricionais (representadas pelo somatório dos conteúdos dos componentes que constituem as árvores) sejam diferentes.

No quadro 29 foram feitas as estimações de conteúdos por árvore, ou demandas nutricionais, com base em um *dap* de 20 cm, para N, P, K, Ca e Mg. Dentro deste quadro foram colocadas também as estimações das características requeridas para obter, em última instancia, os conteúdos de cada um desses nutrientes por árvore.

Ao fazer uma comparação entre os conteúdos por árvore de *Eucalyptus vs Pinus* (média de ambos *Eucalyptus vs* média de ambos *Pinus*), observa-se que para todos os nutrientes considerados, *Eucalyptus* apresentou maiores conteúdos que *Pinus*, sendo que a sequência em ordem decrescente dessas diferenças foi: Ca > Mg > K > P > N.

Dentro de *Eucalyptus* (Quadro 29), as estimativas de conteúdos na árvore foram superiores em *E. grandis* (clonal) em 21,6; 10,7 e 2,4 % para N, P e K, respectivamente. Porém, para Ca e Mg (21,7 e 47,7 %, respectivamente) os conteúdos por árvore foram superiores em *E. grandis* (seminal).

Já em *Pinus* (Quadro 29), as estimativas de conteúdos na árvore foram superiores para *P. taeda* em todos os nutrientes considerados, sendo essas diferenças de: 39,5; 49,0; 4,4; 7,7 e 31,1 % para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

**Quadro 29.** Valores estimados com base nas equações dos módulos requerimento, para: partição de nutrientes para as raízes e conteúdos de N, P, K, Ca e Mg nos diversos componentes das árvores de *Eucalyptus* e *Pinus* considerando um *dap* = 20 cm

Atributo	Espécie/híbrido			
	<i>E. grandis</i> (seminal)	<i>E. grandis</i> (clonal)	<i>P. taeda</i>	P. híbrido
CNF	168,2	223,2	158,3	130,5
CNG	71,2	68,6	133,9	43,8
CNL	96,2	90,2	74,9	74,5
CNC	40,3	39,2	22,4	30,5
CPF	12,0	13,7	10,9	8,6
CPG	12,3	8,0	14,1	5,7
CPL	9,2	10,7	5,0	5,0
CPC	7,4	7,9	1,5	1,9
CKF	53,3	64,4	32,4	40,4
CKG	71,8	61,8	39,6	32,2
CKL	101,6	107,1	32,0	25,9
CKC	55,4	53,3	4,4	5,3
CCaF	106,0	80,3	34,0	37,4
CCaG	103,4	69,3	23,6	13,2
CCaL	98,5	76,7	49,0	46,9
CCaC	375,3	294,9	3,1	4,4
CMgF	17,7	20,9	8,6	9,5
CMgG	15,3	13,2	13,0	6,2
CMgL	13,2	15,2	9,5	7,1
CMgC	27,9	26,7	2,0	2,4
CNTr	136,5	129,4	97,3	105,0
CPTTr	16,6	18,5	6,5	6,9
CKTr	156,9	160,4	36,4	31,2
CCaTr	473,8	371,6	52,1	51,3
CMgTr	41,1	41,9	11,5	9,5
CNPA	375,9	421,2	389,5	279,3
CPPA	40,9	40,2	31,5	21,2
CKPA	282,1	286,6	108,4	103,9
CCaPA	683,2	521,2	109,8	101,9
CMgPA	74,1	76,1	33,0	25,2
PART_N_R_Arv	13,0	19,8	23,5	23,5
PART_P_R_Arv	6,4	16,9	16,5	16,5
PART_K_R_Arv	13,3	14,0	17,7	17,7
PART_Ca_R_Arv	6,2	9,0	22,9	22,9
PART_Mg_R_Arv	39,0	7,6	21,8	21,8
PART_S_R_Arv	13,9	13,9	20,0	20,0
CNR	56,0	104,0	119,4	85,6
CPR	2,8	8,2	6,2	4,2
CKR	43,3	46,7	23,3	22,3
CCaR	44,9	51,5	32,6	30,3
CMgR	47,4	6,3	9,2	7,0

Continua...

**Quadro 29.** Continuação

Atributo	Espécie/híbrido			
	<i>E. grandis</i> (seminal)	<i>E. grandis</i> (clonal)	<i>P. taeda</i>	P. híbrido
CNArv	431,9	525,2	508,9	364,9
CPArv	43,7	48,4	37,7	25,3
CKArv	325,3	333,3	131,7	126,1
CCaArv	728,1	572,7	142,4	132,2
CMgArv	121,6	82,3	42,3	32,2

PART\_Ni\_R\_Arv = partição do nutriente “ i “ nas raízes, em relação ao conteúdo do nutriente na árvore como um todo (%). C = conteúdo do nutriente (g/árvore). Nutrientes: N, P, K, Ca e Mg. F = folhas. G = galhos. L = lenho. Cas = casca. Tr = tronco. PA = parte aérea. R = raízes. Arv = árvore.

Uma vez calculada a demanda total de cada nutriente, faz-se o quociente entre a demanda do nutriente e a taxa de recuperação pela planta ( $TR_{pl}$ ) do respectivo nutriente, e multiplica-se o valor obtido por 100 para, desta maneira, chegar ao requerimento do referido nutriente. Lembrando que, as  $TR_{pl}$  dos macro e micronutrientes foram apresentadas nos quadros 6 e 7, respectivamente.

#### 4.4.1.1 Exemplo de aplicação do módulo requerimento

O presente exemplo está relacionado com o exemplo descrito no item 4.3. Assim, o cenário hipotético é o de um povoamento de *E. grandis* (seminal), com uma densidade inicial de plantio de 945 arv/ha em um sítio florestal com um FR = 0,7, sendo que a idade de corte é de 12 anos, e seriam feitos dois desbastes, o primeiro aos dois anos e o segundo aos seis anos. Ao utilizar o 3-PG com a parametrização de *E. grandis* (seminal) gerada neste trabalho, o modelo informa que aos dois anos o plantio teria um *dap* médio de 9,67 cm. A partir deste *dap* “alvo” será desenvolvido este exemplo de aplicação do módulo requerimento, neste caso em particular para o nutriente K.

Com base nas equações apresentadas na figura 22 e o *dap* = 9,67 cm, obtém-se as biomassas correspondentes aos componentes da árvore:  $mMSTr = 13,6$  kg/árvore;  $mMSPA = 22,5$  kg/árvore;  $mMSF = 3,7$  kg/árvore;  $mMSG = 5,2$  kg/árvore;  $mMSL = 11,8$  kg/árvore e  $mMSC = 1,8$  kg/árvore. Os respectivos conteúdos de K (expressos em g K/árvore) são obtidos a partir das equações correspondentes do quadro 17. Desta maneira, primeiro se calcula o conteúdo de K em cada componente por árvore. Logo, multiplicando cada conteúdo pelo número de árvores por hectare, tem-se os valores dos conteúdos na escala do povoamento, estes cálculos são feitos a continuação:

$$Cont. K \text{ nas folhas} = \frac{21,8 \text{ g K/arv}}{1000 \text{ g K/kg K}} = 0,0218 \frac{\text{kg}}{\text{arv}} K \cdot 945 \frac{\text{arv}}{\text{ha}} = 20,60 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} K$$

$$Cont. K \text{ nos galhos} = \frac{25,5 \text{ g K/arv}}{1000 \text{ g K/kg K}} = 0,0255 \frac{\text{kg}}{\text{arv}} K \cdot 945 \frac{\text{arv}}{\text{ha}} = 24,10 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} K$$

$$Cont. K \text{ no lenho} = \frac{19,4 \text{ g K/arv}}{1000 \text{ g K/kg K}} = 0,0194 \frac{\text{kg}}{\text{arv}} K \cdot 945 \frac{\text{arv}}{\text{ha}} = 18,33 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} K$$

$$Cont. K \text{ na casca} = \frac{9,2 \text{ g K/arv}}{1000 \text{ g K/kg K}} = 0,0092 \frac{\text{kg}}{\text{arv}} K \cdot 945 \frac{\text{arv}}{\text{ha}} = 8,69 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} K$$

$$Cont. K \text{ na Parte Aérea} = 20,6 + 24,1 + 18,33 + 8,69 = 71,72 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} K$$

Com base no quadro 25, é possível estimar que a quantidade de K nas raízes corresponde a 13,3 % do K que se encontra em cada árvore. Assim, conforme a equação 33 tem-se que:

$$Demanda\ total_K = \frac{71,72\ kg\ K/ha}{100 - 13,3} \cdot 100 = 82,72\ \frac{kg}{ha}\ K$$

Até este ponto foi determinada a demanda total de K por hectare. Como o requerimento é o quociente entre a demanda e a  $TR_{pl}$ , surge que o seguinte passo é estimar a  $TR_{pl}$  a partir da equação que se encontra no quadro 6. A  $TR_{pl}$  para K está em função da dose deste nutriente, por este motivo, assume-se que a dose é igual à demanda total de K. Contudo, deve-se levar em consideração que a dose de K seria parcelada em duas aplicações, sendo assim tem-se que:

$$Dose\ de\ K = \frac{82,72\ kg\ K/ha}{2} = 41,36\ \frac{kg}{ha}\ K$$

$$TR_{pl_K} = 0,816955 e^{(-0,0015 \cdot 41,36)} = 0,7678$$

$$Requerimento\ K = \frac{82,72\ kg\ K/ha}{0,7678} = 107,8\ \frac{kg}{ha}\ K$$

Ao expressar o requerimento em  $K_2O$  este é de 129,9 kg/ha. Supondo uma situação hipotética na qual o solo não fosse suprir nada de K, o requerimento calculado deverá ser aplicado na sua totalidade via fertilização. Em caso de que esta adubação fosse feita com KCl, cada uma das duas parcelas seria de 103 kg/ha de KCl.

#### 4.4.2 Módulo Suprimento

Para estimar a quantidade de nutrientes supridos pelo solo, considera-se a abordagem proposta por Barros Filho (2003), que sugere o fato de que os nutrientes disponíveis na camada de 0 – 20 cm são completamente passíveis de serem absorvidos pelas raízes. Já para a profundidade de 20 - 40 cm considera-se que 75 % dos nutrientes podem

ser absorvidos, enquanto que para profundidades maiores que 40 cm considera-se que 50 % dos nutrientes podem ser absorvidos. Este critério deve-se a que a densidade de raízes é maior nas camadas superficiais. Por exemplo, este fato foi observado por Neves (2000) para clones de *Eucalyptus* “urograndis” para os quais encontrou que em média 72,6 % da biomassa de raízes estava na profundidade de 0 – 40 cm.

A partir do experimento de taxa de recuperação pelo extrator ( $TR_{ext}$ ), descrito no item 3.12.2, conduzido como parte deste trabalho, foram obtidas equações que permitem estimar a  $TR_{ext}$  em função de características do solo facilmente obtidas em análises de rotina (Quadro 30).

**Quadro 30.** Taxas de recuperação pelo extrator ( $TR_{ext}$ ) para extratores utilizados em análise de rotina de P, K, Ca e Mg

Nutriente	Extrator	Equação	R <sup>2</sup>
P	Mehlich-1	$TR_{ext} = 0,0903 + 0,0145 P\text{-rem}$	0,9251
		$TR_{ext} = 1,1693 - 0,218 \ln(\text{Arg})$	0,8181
		$TR_{ext} = - 0,0259 - 0,245 \ln(\text{EU})$	0,9293
	Bray & Kurtz-1	$TR_{ext} = - 0,0162 + 0,0164 P\text{-rem}$	0,9624
		$TR_{ext} = 1,1933 - 0,243 \ln(\text{Arg})$	0,8163
		$TR_{ext} = 0,8493 - 2,5598 \text{EU}$	0,8909
K	Mehlich-1	$TR_{ext} = 0,957 - 0,126 \ln(T)$	0,6662
		$TR_{ext} = 0,7823 - 0,109 \ln(\text{MOS})$	0,7155
	Ac. Amon.	$TR_{ext} = 1,0584 - 0,8035 (T/\text{Arg})$	0,7133
		$TR_{ext} = 0,8157 + 0,002 \text{Arg}$	0,5936
		$TR_{ext} = 0,8062 + 0,0124 T$	0,5037
		$TR_{ext} = 0,8076 + 0,4591 \text{EU}$	0,513
Ca	KCl 1 mol/L	$TR_{ext} = 0,7750$	-
	Ac. Amon.	$TR_{ext} = 0,9254$	-
Mg	KCl 1 mol/L	$TR_{ext} = 0,8469$	-
	Ac. Amon.	$TR_{ext} = 0,9387$	-

A unidade das  $TR_{ext}$  é  $\text{mg}/\text{dm}^3 / \text{mg}/\text{dm}^3$ . Ac. Amon. = acetato de amônio 1 mol/L a pH 7. P-rem = teor de P da solução de equilíbrio, determinado após a agitação por uma hora de TFSA com  $\text{CaCl}_2$  10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação solo:solução 1:10 (Alvarez V. et al., 2000). Arg = percentagem de argila (% ou dag/kg). EU = equivalente de umidade. T = CTC a pH 7 ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ). MOS = matéria orgânica do solo (dag/kg).  $T = \text{CTC a pH 7 (cmol}_c/\text{kg})$ .

Optou-se por colocar mais de uma equação para os extratores de P e K devido a que houve boas correlações com mais de um atributo do solo (Quadro 30). Assim, dependendo de qual desses atributos é fornecido pela análise de rotina, pode-se optar por uma ou outra equação.

Para Ca e Mg, tanto para o extrator KCl 1 mol/L quanto para o extrator acetato de amônio 1 mol/L a pH 7, optou-se por adotar o valor médio encontrado para as  $TR_{ext}$  desses nutrientes porque não se observou correlação alguma com as características do solo consideradas (Quadro 30). Os valores de  $TR_{ext}$  para Ca e Mg pelo extrator KCl 1 mol/L são próximos aos citados por Stahringer (2013) que foram 0,7661 e 0,7990 para Ca e Mg, respectivamente.

As  $TR_{ext}$  para os outros nutrientes são apresentadas no quadro 31, sendo que estas foram obtidas de Santos et al. (2008) e °Rampoldi (dados não publicados) citados por Stahringer (2013).

**Quadro 31.** Taxas de recuperação pelo extrator ( $TR_{ext}$ ) para extratores utilizados em análise de rotina de S e micronutrientes

Nutriente	Extrator	Equação	$R^2$
S	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> em HOAc	$TR_{ext} = 0,04 + 0,0057 P\text{-rem}$	0,955
B	Água quente	$TR_{ext} = 0,7081$	-
Cu	Mehlich-1	$TR_{ext} = 0,3863$	-
	Mehlich-3	$TR_{ext} = 0,3463$	-
	DTPA	$TR_{ext} = 0,3119$	-
Fe	Mehlich-1	$TR_{ext} = 0,3508$	-
	Mehlich-3	$TR_{ext} = 0,2174$	-
	DTPA	$TR_{ext} = 0,0956$	-
Mn	Mehlich-1	$TR_{ext} = 0,8441$	-
	Mehlich-3	$TR_{ext} = 0,6781$	-
	DTPA	$TR_{ext} = 0,6641$	-
Zn	Mehlich-1	$TR_{ext} = 0,36025 - 0,00234 P\text{-rem} + 0,0001198 P\text{-rem}^2$	0,932
	DTPA	$TR_{ext} = 0,48 - 0,004 Arg$	0,31

A unidade da  $TR_{ext}$  é  $mg/dm^3 / mg/dm^3$ . Arg. = teor de argila (% ou dag/kg). P-rem = teor de P da solução de equilíbrio, determinado após a agitação por uma hora de TFSA com CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação solo:solução 1:10 (Alvarez V. et al., 2000).

Fonte: Santos et al. (2008) e Rampoldi (dados não publicados) citados por Stahringer (2013).

° Dr. Edgar Ariel Rampoldi. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Córdoba, Argentina.

#### **4.5 Normas e avaliação da universalidade das mesmas, para uso em modelos de diagnose nutricional para *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina**

Os bancos de dados com os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B foram formados pelos teores foliares destes nutrientes correspondentes aos plantios amostrados na Província de Corrientes - Argentina (Quadros 2 a 5), totalizando 93 amostras (os teores foliares encontram-se no Apêndice B deste trabalho). Este total, encontra-se distribuído da seguinte maneira: 24 amostras de *E. grandis* (seminal), 24 amostras de *E. grandis* (clonal), 27 amostras de *P. taeda* e 18 amostras de Pino híbrido.

Por sua vez, após fazer a seleção conforme descrito no item 3.13 obtiveram-se as populações de referência que foram compostas por: 28 amostras para *Eucalyptus* “Geral”, 16 amostras para *E. grandis* (seminal), 12 amostras para *E. grandis* (clonal), 30 amostras para *Pinus* “Geral”, 18 amostras para *P. taeda* e 12 amostras para Pino híbrido. Com base nessas populações de referência obtiveram-se as normas KW e DRIS para cada uma dessas populações (Quadros 32 e 33).

Um aspecto sempre relevante para nortear a diagnose nutricional diz respeito ao grau de universalidade das normas. Por este motivo, as normas específicas foram comparadas com as normas gerais, como mostrado no quadro 32 para *Eucalyptus* e no quadro 33 para *Pinus*. Pode-se observar nesses quadros, que, com frequência, as normas específicas diferem estatisticamente das normas gerais, seja quanto à média e, ou, quanto à variância.

Para as normas KW, em relação às normas específicas, para *E. grandis* (seminal) e *E. grandis* (clonal), vs as normas gerais para *Eucalyptus*, e com base em análise do quadro 32, verifica-se que a frequência de diferenças significativas foi: a) no caso de *E. grandis* (seminal) maior para a variância (100 %) do que para a média (81,8 %), resultando assim, em uma frequência de normas concordantes (FNC) de 18,2 % para a média e de 0 % para a variância e como as normas consistem de dois parâmetros (média e variância), a FNC considerando simultaneamente esses parâmetros foi de

0 %; b) no caso de *E. grandis* (clonal) maior para a média (81,8 %) do que para a variância (72,7 %), resultando em uma FNC de 18,2 % para a média e de 27,3 % para a variância, sendo a FNC de 9,1 % quando média e variância são consideradas simultaneamente.

Para as normas KW, em relação às normas específicas, para *P. taeda* e *P. híbrido*, vs as normas gerais para *Pinus*, ambas obtidas neste trabalho, e com base em análise do quadro 33, verifica-se que a frequência de diferenças significativas foi: a) no caso de *P. taeda*, maior para a variância (81,8 %) do que para a média (72,7 %), resultando em uma FNC de 27,3 % para média e de 18,2 % para a variância e considerando simultaneamente esses parâmetros foi de 18,2 %; b) no caso de *P. híbrido*, maior para a média (72,7 %) do que para a variância (90,9 %), resultando em uma FNC de 27,3 % para a média e de 9,1 % para a variância, sendo a FNC de 0 % quando média e variância são consideradas simultaneamente.

As baixas FNC assim verificadas indicam a necessidade de usar as normas específicas ao realizar a diagnose nutricional de povoamentos florestais de *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e *P. híbrido* em Corrientes – Argentina.

A variabilidade das normas, expressa pelo CV, informa sobre a precisão das mesmas. Normas mais precisas possibilitam diagnósticos mais sensíveis.

Assim, no quadro 32, em relação às normas para uso no método Kenworthy (normas KW), e para *E. grandis* (seminal), quanto à precisão, considerando os macronutrientes, tem-se a seguinte sequência decrescente: S > N > Mg > K > P > Ca. Em média desses nutrientes, a variabilidade das normas foi de 22,7 %, cabendo ressaltar, que para P e Ca o CV das normas supera 30 %. Rocha (2008), para *Eucalyptus*, e Kurihara (2004), para soja, verificaram que normas para uso no método Kenworthy com CV maior que 30 ou 40 %, respectivamente conduzem a diagnósticos muito pouco sensíveis, devido à ampliação da faixa normal. Para os micronutrientes, a sequência decrescente quanto à precisão das normas é: Fe > Zn > B > Cu > Mn. Em média desses micronutrientes, a variabilidade das normas foi de 34,5 %, sendo que para Cu e Mn a variabilidade foi próxima ou superou

40 %, respectivamente. Considerando todos os nutrientes a variabilidade das normas foi em média de 28,0 %.

Continuando no quadro 32, para *E. grandis* (clonal), quanto à precisão das normas KW, considerando os macronutrientes, tem-se a seguinte sequência decrescente: Mg > Ca > S > P > K > N. Em média desses nutrientes, a variabilidade das normas foi de 16,1 %, cabendo ressaltar, que os CV sempre foram < 20 %. Para os micronutrientes, a sequência decrescente quanto à precisão das normas KW é: B > Fe > Zn > Cu > Mn. Em média desses micronutrientes, a variabilidade das normas KW foi de 27,1 %, sendo que para Cu e Mn a variabilidade superou 35 %. Considerando todos os nutrientes a variabilidade das normas KW foi em média de 21,1 %.

Para *P. taeda* (Quadro 33), quanto à precisão das normas KW, considerando os macronutrientes, tem-se a seguinte sequência decrescente: N > S > P > K > Ca > Mg. Em média desses nutrientes, a variabilidade das normas KW foi de 19,9 %, cabendo ressaltar, que apenas para Mg o CV superou 30 %. Para os micronutrientes, a sequência decrescente quanto à precisão das normas KW é: Cu > B > Zn > Mn > Fe. Em média desses micronutrientes, a variabilidade das normas KW foi de 33,5 %, sendo que para Zn, Mn e Fe a variabilidade superou 30 % atingindo mais de 60 % para o Fe. Considerando todos os nutrientes a variabilidade das normas KW foi em média de 26,1 %.

Para P. híbrido (Quadro 33), quanto à precisão das normas KW, considerando os macronutrientes, tem-se a seguinte sequência decrescente: N > P > Mg > S > Ca > K. Em média desses nutrientes, a variabilidade das normas KW foi de 23,7 %, sendo que para todos esses nutrientes foi < 30 %. Para os micronutrientes, a sequência decrescente quanto à precisão das normas KW é: Cu > B > Mn > Zn > Fe. Em média desses micronutrientes, a variabilidade das normas KW foi de 32,2 %, sendo que para Zn e Fe a variabilidade superou 30 % atingindo 52,1 % para o Fe. Considerando todos os nutrientes a variabilidade das normas KW foi em média de 27,5 %.

Comparando as normas KW, com base nas médias, obtidas para *Eucalyptus* neste trabalho com as que foram geradas por Galdino (2015) para o Brasil, tem-se que para N, P, Ca, Cu, Mn e B os valores obtidos neste

trabalho são maiores do que aqueles obtidos por Galdino (2015); já para K, Mg, S, Fe e Zn os valores são menores. Apesar dessas diferenças, os nutrientes que tiveram valores de normas mais próximos foram: P, K, Mg, S, Fe e Zn. O nutriente que apresenta maior discrepância é o Mn, sendo que no presente trabalho o valor obtido (1 512,48 mg/kg) supera em muito o valor de 450,28 mg/kg encontrado por Galdino (2015). Neste ponto, é importante mencionar que os teores foliares de Mn nos plantios de *Eucalyptus* em Corrientes (Apêndice B) foram, de maneira geral, elevados (média = 1 953,64 mg/kg), sendo que os talhões da região centro-oeste, com teores mais elevados de Mn (3 093 a 6 624 mg/kg) não fizeram parte da população de referência. Fica evidente a alta disponibilidade de Mn no solo dos sítios florestais cultivados com eucalipto, que pode estar relacionado à condição de acidez dos solos, como também, pelo menos em algumas áreas (por exemplo, região centro-oeste) a condição de elevada umidade no perfil do solo (por exemplo, na região centro-oeste, por ocasião da amostragem observou-se o lençol freático a 60 – 70 cm de profundidade).

Avaliando o grau de universalidade para as normas DRIS, verificam-se, com base nos valores de FNC, entre normas específicas e normas gerais: a) *E. grandis* (seminal) com base na: média 38,2 %, variância 91,8 %, média e variância 33,6 %; b) *E. grandis* (clonal) com base na: média 39,1 %, variância 92,7 %, média e variância 35,5 %; c) *P. taeda* com base na: média 41,8 %, variância 94,5 %, média e variância 40,0 %; d) P. híbrido com base na: média 41,8 %, variância 92,7 %, média e variância 40,0 %. Portanto, também para as normas DRIS, recomenda-se a utilização de normas específicas.

Numa comparação do grau de universalidade das normas KW em relação às normas DRIS, com base na consideração simultânea de média e variância, verifica-se, levando em consideração os valores de FNC (para normas KW: *E. grandis* (seminal) = 0%, *E. grandis* (clonal) = 9,1 %, *P. taeda* = 18,2 % e P. híbrido = 0%; para normas DRIS: *E. grandis* (seminal) = 33,6 %, *E. grandis* (clonal) = 35,5 %, *P. taeda* = 40,0 % e P. híbrido = 40,0 %), o maior grau de universalidade das normas DRIS. Esta constatação se alinha à proposição de Beaufils no sentido de as relações duais entre teores de

nutrientes serem mais estáveis, e, portanto, com maior grau de universalidade, do que os teores, contrariamente ao verificado por Fernandes (2010) para povoamentos clonais jovens de eucalipto no Estado de São Paulo.

**Quadro 32.** Normas dos teores foliares<sup>1/</sup> de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B e de suas relações duais para os métodos Kenworthy<sup>2/</sup> e DRIS<sup>3/</sup>, em árvores de *Eucalyptus* das populações de referência Geral e Específicas (Seminal e Clonal), e comparação entre normas gerais e específicas quanto à média e à variância

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs Seminal		Geral vs Clonal	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 28)			Seminal (n = 16)			Clonal (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
				Kenworthy									
N	23,1607	4,08	17,61	22,1923	3,46	15,60	24,4520	4,62	18,88	*	*	*	*
P	1,2921	0,36	27,88	1,2739	0,44	34,41	1,3163	0,24	17,89	*	*	*	*
K	7,1463	1,33	18,65	6,9889	1,36	19,43	7,3561	1,33	18,04	*	*	*	*
Ca	9,5690	3,43	35,83	10,7338	4,08	38,00	8,0159	1,25	15,57	*	*	*	ns
Mg	2,1173	0,35	16,34	2,2571	0,38	16,63	1,9310	0,19	9,75	ns	*	ns	ns
S	1,3664	0,19	14,11	1,3328	0,16	11,82	1,4112	0,23	16,39	ns	*	ns	*
Cu	11,7394	4,37	37,20	11,5557	4,59	39,72	11,9843	4,24	35,36	*	*	*	*
Fe	110,6269	28,90	26,12	105,9714	28,62	27,01	116,8342	29,31	25,09	*	*	*	*
Zn	13,7613	3,60	26,19	14,0669	3,81	27,06	13,3538	3,44	25,73	*	*	*	*
Mn	1512,4811	733,91	48,52	1715,5027	840,50	48,99	1241,7856	467,84	37,68	*	*	*	*
B	66,5258	18,23	27,40	72,8495	21,54	29,56	58,0941	6,87	11,83	*	*	*	ns
				DRIS									
N/P	18,6485	3,71	19,89	18,3719	3,56	19,38	19,0172	4,03	21,17	ns	ns	ns	ns
N/K	3,2944	0,55	16,73	3,2616	0,66	20,36	3,3381	0,37	11,21	ns	ns	ns	ns
N/Ca	2,6437	0,81	30,62	2,3224	0,85	36,78	3,072	0,51	16,72	ns	ns	ns	ns
N/Mg	11,2819	2,94	26,05	10,2382	3,09	30,23	12,6736	2,11	16,64	ns	ns	ns	ns
N/S	16,9326	1,66	9,80	16,6337	1,39	8,33	17,3312	1,96	11,30	ns	ns	ns	ns
N/Cu	2,1374	0,55	25,80	2,1183	0,62	29,19	2,1628	0,47	21,88	ns	ns	ns	ns
N/Fe	0,2182	0,05	23,28	0,2177	0,04	19,38	0,219	0,06	28,49	*	ns	*	ns
N/Zn	1,7413	0,31	17,62	1,6468	0,35	20,96	1,8672	0,20	10,51	ns	ns	ns	ns
N/Mn	0,0185	0,01	42,70	0,0160	0,01	49,38	0,0218	0,01	31,65	ns	ns	ns	ns
N/B	0,3811	0,15	38,65	0,3435	0,16	45,88	0,4313	0,12	28,01	*	ns	ns	ns

Continua...

**Quadro 32.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs Seminal		Geral vs Clonal	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 28)			Seminal (n = 16)			Clonal (n = 12)			ȳ	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	ȳ	s <sup>2</sup>
	ȳ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	ȳ	s	CV	ȳ	s	CV				
	DRIS												
P/N	0,0565	0,02	27,43	0,0570	0,02	26,32	0,0558	0,02	30,29	*	ns	*	ns
P/K	0,1858	0,06	33,05	0,1883	0,08	40,04	0,1825	0,04	21,04	*	ns	*	ns
P/Ca	0,1479	0,05	36,11	0,1320	0,05	40,83	0,1691	0,05	27,56	*	ns	*	ns
P/Mg	0,629	0,20	31,51	0,5796	0,20	34,14	0,6949	0,19	26,81	*	ns	*	ns
P/S	0,9444	0,22	22,87	0,9445	0,24	25,53	0,9444	0,19	19,90	*	ns	*	ns
P/Cu	0,1208	0,05	37,91	0,1196	0,04	36,04	0,1224	0,05	41,75	*	ns	*	ns
P/Fe	0,0122	0,00	37,70	0,0126	0,01	46,03	0,0117	0,00	22,22	*	ns	*	ns
P/Zn	0,0977	0,03	31,42	0,0916	0,02	21,40	0,1058	0,04	38,56	ns	ns	ns	*
P/Mn	0,0011	0,00	63,64	0,0009	0,00	55,56	0,0013	0,00	69,23	*	ns	*	ns
P/B	0,0212	0,01	41,51	0,0198	0,01	52,53	0,0231	0,01	24,68	*	*	*	*
K/N	0,3117	0,05	16,78	0,3182	0,06	19,67	0,3032	0,04	11,61	*	ns	*	ns
K/P	5,7969	1,45	25,06	5,8836	1,72	29,17	5,6813	1,07	18,78	*	ns	*	ns
K/Ca	0,8112	0,24	29,11	0,7255	0,26	35,38	0,9254	0,15	16,08	*	ns	*	ns
K/Mg	3,4855	0,94	27,10	3,2276	1,04	32,23	3,8294	0,70	18,24	*	ns	*	ns
K/S	5,2518	0,82	15,59	5,2790	1,01	19,11	5,2155	0,51	9,70	*	ns	*	ns
K/Cu	0,6617	0,18	27,87	0,6692	0,21	32,10	0,6516	0,14	21,92	ns	*	ns	*
K/Fe	0,0676	0,02	25,59	0,0690	0,02	26,09	0,0657	0,02	25,88	*	ns	*	ns
K/Zn	0,5433	0,13	24,50	0,5256	0,16	29,57	0,5668	0,10	17,22	ns	ns	ns	ns
K/Mn	0,0058	0,00	50,00	0,0052	0,00	51,92	0,0068	0,00	44,12	*	ns	*	ns
K/B	0,1166	0,04	37,82	0,1064	0,05	44,92	0,1301	0,04	27,75	ns	ns	ns	ns

Continua...

**Quadro 32.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs Seminal		Geral vs Clonal	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 28)			Seminal (n = 16)			Clonal (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
	DRIS												
Ca/N	0,4305	0,20	46,34	0,5031	0,24	47,19	0,3338	0,05	16,27	*	ns	*	ns
Ca/P	8,0535	4,46	55,36	9,3701	5,44	58,07	6,298	1,59	25,22	ns	ns	ns	ns
Ca/K	1,3983	0,64	46,12	1,6162	0,78	48,13	1,1079	0,19	16,86	ns	ns	ns	ns
Ca/Mg	4,509	1,29	28,64	4,7711	1,61	33,70	4,1596	0,58	13,91	*	ns	*	ns
Ca/S	7,1811	3,09	43,03	8,2441	3,69	44,71	5,7638	1,04	17,99	ns	ns	ns	*
Ca/Cu	0,9094	0,47	51,37	1,0564	0,57	53,80	0,7134	0,15	20,82	ns	*	ns	ns
Ca/Fe	0,094	0,05	53,62	0,1101	0,06	54,59	0,0726	0,02	29,06	ns	ns	ns	ns
Ca/Zn	0,7208	0,25	34,48	0,7935	0,30	37,19	0,6238	0,12	19,57	ns	ns	ns	ns
Ca/Mn	0,0071	0,00	38,03	0,0070	0,00	37,14	0,0073	0,00	38,36	*	ns	*	ns
Ca/B	0,1475	0,04	30,10	0,1529	0,05	34,73	0,1404	0,03	21,37	ns	ns	ns	ns
Mg/N	0,0946	0,02	26,32	0,1049	0,03	25,64	0,0809	0,01	16,69	*	ns	*	ns
Mg/P	1,7564	0,60	34,30	1,9355	0,70	36,29	1,5176	0,33	21,78	ns	ns	ns	ns
Mg/K	0,3097	0,09	29,93	0,3401	0,11	31,37	0,2693	0,05	18,42	ns	ns	ns	ns
Mg/Ca	0,2351	0,05	21,44	0,2281	0,06	26,92	0,2443	0,03	12,48	*	ns	*	ns
Mg/S	1,5831	0,37	23,06	1,7266	0,40	22,96	1,3917	0,21	14,87	ns	ns	ns	ns
Mg/Cu	0,2067	0,09	42,72	0,2298	0,11	45,78	0,1758	0,05	26,79	ns	ns	ns	ns
Mg/Fe	0,0208	0,01	37,02	0,0231	0,01	36,80	0,0177	0,01	30,51	*	ns	*	ns
Mg/Zn	0,1638	0,05	30,83	0,1726	0,06	34,53	0,152	0,03	22,24	ns	*	ns	*
Mg/Mn	0,0017	0,00	47,06	0,0016	0,00	56,25	0,0018	0,00	38,89	*	ns	*	ns
Mg/B	0,0332	0,01	21,39	0,0327	0,01	24,46	0,0338	0,01	17,75	*	ns	*	ns

Continua...

**Quadro 32.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs Seminal		Geral vs Clonal	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 28)			Seminal (n = 16)			Clonal (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
	DRIS												
S/N	0,0596	0,01	9,56	0,0605	0,01	8,43	0,0584	0,01	11,13	*	ns	*	ns
S/P	1,0999	0,19	17,62	1,1079	0,22	19,49	1,0892	0,17	15,47	*	ns	*	ns
S/K	0,1956	0,04	18,20	0,1972	0,04	22,62	0,1935	0,02	10,13	*	ns	*	ns
S/Ca	0,1556	0,04	28,47	0,1383	0,05	32,75	0,1786	0,03	17,81	*	ns	*	ns
S/Mg	0,6642	0,15	22,87	0,6116	0,16	25,59	0,7344	0,12	16,01	*	ns	*	ns
S/Cu	0,1277	0,04	28,90	0,1288	0,04	32,61	0,1263	0,03	24,15	*	ns	*	ns
S/Fe	0,0129	0,00	20,93	0,0132	0,00	21,21	0,0125	0,00	20,80	*	ns	*	ns
S/Zn	0,1034	0,02	18,86	0,0990	0,02	19,49	0,1093	0,02	17,47	ns	ns	ns	ns
S/Mn	0,0011	0,00	45,45	0,0010	0,00	50,00	0,0013	0,00	46,15	*	ns	*	ns
S/B	0,0223	0,01	34,98	0,0204	0,01	40,69	0,0249	0,01	26,51	*	ns	*	ns
Cu/N	0,4999	0,14	27,55	0,5127	0,16	31,21	0,4828	0,11	21,81	*	ns	*	ns
Cu/P	9,3188	3,14	33,67	9,3364	3,22	34,49	9,2953	3,17	34,06	*	ns	*	ns
Cu/K	1,6362	0,49	29,90	1,6622	0,59	35,21	1,6015	0,34	21,49	*	ns	*	ns
Cu/Ca	1,309	0,52	39,92	1,1889	0,60	50,47	1,4693	0,36	24,56	*	ns	*	ns
Cu/Mg	5,7718	2,59	44,85	5,4554	2,89	53,04	6,1937	2,16	34,95	*	ns	*	ns
Cu/S	8,4821	2,51	29,60	8,5591	2,82	32,93	8,3796	2,15	25,64	*	ns	*	ns
Cu/Fe	0,1075	0,03	28,65	0,1091	0,03	28,05	0,1053	0,03	30,67	*	*	*	*
Cu/Zn	0,8522	0,21	25,06	0,8217	0,24	29,49	0,8927	0,17	19,01	ns	ns	ns	ns
Cu/Mn	0,009	0,00	44,44	0,0081	0,00	56,79	0,0102	0,00	28,43	*	ns	*	ns
Cu/B	0,1961	0,11	53,85	0,1837	0,12	64,67	0,2125	0,09	40,99	*	ns	*	ns

Continua...

**Quadro 32.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs Seminal		Geral vs Clonal	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 28)			Seminal (n = 16)			Clonal (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
	DRIS												
Fe/N	4,8057	1,04	21,66	4,7624	0,95	20,04	4,8633	1,19	24,43	*	ns	*	ns
Fe/P	88,5254	21,44	24,22	87,8836	23,59	26,85	89,3811	19,17	21,45	*	ns	*	ns
Fe/K	15,7373	3,94	25,01	15,4501	3,97	25,73	16,1203	4,02	24,96	*	*	*	*
Fe/Ca	12,7062	4,80	37,79	11,0913	4,75	42,85	14,8594	4,12	27,71	*	ns	*	ns
Fe/Mg	54,5573	19,46	35,68	49,3025	19,36	39,27	61,5636	18,03	29,29	*	ns	*	ns
Fe/S	80,785	16,56	20,50	79,2316	17,21	21,71	82,8563	16,16	19,51	ns	ns	ns	ns
Fe/Cu	10,1899	3,37	33,10	9,9000	3,01	30,41	10,5766	3,91	36,96	ns	*	ns	ns
Fe/Zn	8,3939	2,49	29,63	7,8620	2,27	28,83	9,1032	2,69	29,50	ns	ns	ns	ns
Fe/Mn	0,0924	0,06	61,58	0,0798	0,05	68,17	0,1092	0,06	53,21	*	ns	*	ns
Fe/B	1,8278	0,81	44,30	1,6675	0,92	55,41	2,0414	0,60	29,32	*	ns	*	ns
Zn/N	0,5944	0,12	20,44	0,6345	0,14	22,41	0,541	0,06	10,44	*	*	*	ns
Zn/P	10,985	2,68	24,38	11,4245	2,60	22,75	10,3991	2,78	26,75	*	ns	*	ns
Zn/K	1,9624	0,55	28,10	2,0793	0,68	32,62	1,8065	0,27	14,92	*	ns	*	ns
Zn/Ca	1,5297	0,47	30,69	1,4283	0,53	37,02	1,665	0,35	21,23	*	ns	*	ns
Zn/Mg	6,6412	1,90	28,63	6,4446	2,12	32,86	6,9033	1,62	23,48	*	ns	*	ns
Zn/S	10,0094	1,89	18,91	10,4714	2,06	19,63	9,3932	1,52	16,16	*	ns	*	ns
Zn/Cu	1,2427	0,30	24,08	1,3049	0,33	25,47	1,1597	0,24	20,42	*	ns	*	ns
Zn/Fe	0,1302	0,04	33,79	0,1393	0,05	36,11	0,1181	0,03	27,01	*	ns	*	ns
Zn/Mn	0,0104	0,00	34,62	0,0096	0,00	41,67	0,0116	0,00	25,00	*	ns	*	ns
Zn/B	0,2246	0,09	41,10	0,2158	0,10	47,13	0,2363	0,08	34,24	*	ns	*	*

Continua...

**Quadro 32.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs Seminal		Geral vs Clonal	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 28)			Seminal (n = 16)			Clonal (n = 12)			ȳ	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	ȳ	s <sup>2</sup>
	ȳ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	ȳ	s	CV	ȳ	s	CV				
	DRIS												
Mn/N	66,1594	34,48	52,12	78,8041	40,48	51,37	49,2999	11,89	24,13	*	ns	*	ns
Mn/P	1233,498	670,39	54,35	1428,0068	786,52	55,08	974,1519	362,15	37,18	ns	ns	ns	ns
Mn/K	222,0046	131,95	59,43	263,4917	159,41	60,50	166,6885	47,32	28,39	ns	ns	ns	ns
Mn/Ca	157,1859	53,19	33,84	160,6269	57,93	36,07	152,5979	48,25	31,62	*	ns	*	ns
Mn/Mg	708,008	290,41	41,02	760,5753	324,27	42,64	637,9183	232,90	36,51	*	ns	*	ns
Mn/S	1108,04	533,18	48,12	1287,5981	615,46	47,80	868,6301	268,00	30,85	ns	ns	ns	ns
Mn/Cu	139,6404	83,20	59,58	165,9577	100,82	60,75	104,5507	27,87	26,66	ns	ns	ns	ns
Mn/Fe	14,8812	9,67	64,97	17,8301	11,56	64,86	10,9494	4,19	38,27	*	ns	*	ns
Mn/Zn	108,5435	41,56	38,28	121,9555	49,11	40,27	90,6608	18,42	20,32	ns	ns	ns	ns
Mn/B	23,6334	11,77	49,81	24,9082	13,34	53,56	21,9337	9,59	43,71	*	ns	*	ns
B/N	3,0398	1,24	40,86	3,4607	1,43	41,29	2,4786	0,63	25,52	ns	ns	ns	ns
B/P	56,4913	27,12	48,01	64,5898	32,73	50,68	45,6933	11,03	24,13	ns	*	ns	ns
B/K	9,7971	3,71	37,85	10,9571	4,20	38,29	8,2504	2,28	27,60	*	ns	*	ns
B/Ca	7,313	1,95	26,66	7,2163	2,20	30,42	7,442	1,65	22,19	*	ns	*	ns
B/Mg	31,4781	6,71	21,32	32,2339	7,63	23,66	30,4704	5,41	17,76	ns	ns	ns	ns
B/S	50,5077	18,57	36,77	56,5867	21,56	38,09	42,4023	9,34	22,04	ns	ns	ns	ns
B/Cu	6,6862	3,60	53,78	7,5977	4,22	55,55	5,4709	2,15	39,31	ns	ns	ns	ns
B/Fe	0,6629	0,32	47,97	0,7648	0,37	48,94	0,527	0,15	28,12	ns	ns	ns	ns
B/Zn	5,2434	2,17	41,46	5,6619	2,54	44,78	4,6854	1,50	31,97	ns	ns	ns	ns
B/Mn	0,0531	0,03	48,40	0,0510	0,02	47,25	0,056	0,03	50,89	ns	ns	ns	ns

<sup>1/</sup> Teores dos macronutrientes, em g/kg e dos micronutrientes, em mg/kg; <sup>2/</sup> Kenworthy (1961); <sup>3/</sup> Beaufile (1973); <sup>4/</sup> obtidas para o conjunto de *Eucalyptus* (seminal e clonal); <sup>5/</sup> obtidas para *E. grandis* (seminal) e para *E. grandis* (clonal); <sup>6/</sup> número de observações; <sup>7/</sup> média; <sup>8/</sup> desvio padrão; <sup>9/</sup> coeficiente de variação, em %; <sup>10/</sup> variância; ns: não significativo e \* significativo (p < 0,05) pelo teste de t para as médias e pelo teste de F para as variâncias.

**Quadro 33.** Normas dos teores foliares<sup>1/</sup> de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B e de suas relações duais para os métodos Kenworthy<sup>2/</sup> e DRIS<sup>3/</sup>, em árvores de *Pinus* das populações de referência Geral e Específicas (*P. taeda* e Pino híbrido), e comparação entre normas gerais e específicas quanto à média e à variância

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs <i>P.taeda</i>		Geral vs P.híbrido	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 30)			<i>P. taeda</i> (n = 18)			P. híbrido (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
				Kenworthy									
N	14,7101	1,82	12,35	15,6010	1,28	8,20	13,3738	1,71	12,77	*	*	*	*
P	0,9945	0,17	17,48	1,0687	0,14	13,19	0,8832	0,16	18,41	ns	*	ns	*
K	3,5643	1,04	29,22	3,1657	0,69	21,86	4,1622	1,21	29,13	ns	ns	ns	*
Ca	3,5727	1,07	29,92	3,2937	0,93	28,34	3,9914	1,16	29,08	*	*	*	*
Mg	0,9028	0,28	30,51	0,8875	0,31	35,23	0,9258	0,22	23,67	*	*	*	*
S	0,8217	0,17	20,13	0,8469	0,11	12,79	0,7840	0,23	28,91	ns	ns	ns	*
Cu	3,1853	0,51	16,03	3,2338	0,44	13,52	3,1126	0,62	19,85	*	*	*	*
Fe	106,7155	61,37	57,51	101,7626	63,82	62,72	114,1448	59,44	52,08	*	*	*	*
Zn	25,2634	8,10	32,06	24,9097	7,95	31,91	25,7939	8,65	33,53	*	*	*	*
Mn	1014,5591	492,62	48,55	1253,4001	491,28	39,20	656,2977	182,75	27,85	*	*	*	ns
B	44,4278	10,17	22,89	45,1376	9,02	19,98	43,3632	12,04	27,76	*	*	*	*
				DRIS									
N/P	15,1295	2,67	17,65	14,8503	2,34	15,73	15,5483	3,17	20,39	ns	ns	ns	ns
N/K	4,4578	1,33	29,82	5,1297	1,10	21,49	3,4500	0,97	28,04	ns	ns	ns	ns
N/Ca	4,4986	1,50	33,31	5,1057	1,48	28,93	3,5879	1,02	28,42	ns	ns	ns	ns
N/Mg	17,722	5,48	30,94	19,4313	5,85	30,13	15,1581	3,79	25,00	ns	ns	ns	ns
N/S	18,4553	3,47	18,82	18,6533	2,34	12,54	18,1583	4,82	26,53	ns	ns	ns	ns
N/Cu	4,7009	0,75	15,90	4,8783	0,54	11,13	4,4349	0,94	21,26	ns	ns	ns	ns
N/Fe	0,1741	0,08	45,78	0,1917	0,08	39,75	0,1478	0,08	54,67	ns	ns	ns	ns
N/Zn	0,6349	0,20	31,22	0,6819	0,21	30,12	0,5646	0,17	30,34	ns	ns	ns	ns
N/Mn	0,0171	0,01	37,43	0,0141	0,01	36,17	0,0216	0,01	25,46	ns	ns	ns	ns
N/B	0,3458	0,08	22,30	0,3561	0,06	17,33	0,3304	0,10	29,27	*	ns	*	ns

Continua...

**Quadro 33.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs <i>P.taeda</i>		Geral vs P.híbrido	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 30)			<i>P. taeda</i> (n = 18)			P. híbrido (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
				DRIS									
P/N	0,0681	0,01	17,62	0,0690	0,01	16,38	0,0668	0,01	20,21	*	ns	*	ns
P/K	0,3011	0,10	32,38	0,3513	0,08	22,74	0,2257	0,07	30,88	*	ns	*	ns
P/Ca	0,3083	0,13	40,58	0,3538	0,13	36,18	0,2401	0,09	35,99	*	ns	*	ns
P/Mg	1,2158	0,46	38,22	1,3608	0,52	38,16	0,9983	0,26	25,82	*	ns	*	ns
P/S	1,2497	0,28	22,47	1,2719	0,17	13,37	1,2163	0,40	33,00	*	ns	*	ns
P/Cu	0,3176	0,07	21,13	0,3376	0,07	21,71	0,2875	0,04	15,27	ns	ns	ns	ns
P/Fe	0,0116	0,01	43,10	0,0129	0,00	37,98	0,0095	0,00	47,37	*	ns	*	ns
P/Zn	0,044	0,02	42,05	0,0479	0,02	40,71	0,0382	0,02	41,62	ns	ns	ns	ns
P/Mn	0,0012	0,00	41,67	0,0010	0,00	40,00	0,0015	0,00	33,33	*	ns	*	ns
P/B	0,0235	0,01	27,66	0,0247	0,01	27,13	0,0216	0,01	27,31	*	*	*	*
K/N	0,2473	0,09	35,22	0,2026	0,04	19,40	0,3144	0,10	30,88	*	ns	*	*
K/P	3,6949	1,25	33,80	2,9928	0,70	23,32	4,7481	1,16	24,41	ns	ns	ns	ns
K/Ca	1,0762	0,43	40,12	1,0605	0,46	43,02	1,0999	0,41	37,38	*	ns	*	ns
K/Mg	4,2192	1,48	35,17	3,8582	1,25	32,37	4,7607	1,69	35,52	*	ns	*	ns
K/S	4,5497	1,90	41,73	3,7683	0,88	23,28	5,7218	2,41	42,14	ns	ns	ns	ns
K/Cu	1,1318	0,31	27,04	0,9958	0,25	25,59	1,3359	0,27	19,93	ns	*	ns	*
K/Fe	0,042	0,02	53,81	0,0394	0,02	43,91	0,0460	0,03	63,48	*	ns	*	ns
K/Zn	0,1488	0,04	29,44	0,1364	0,04	32,18	0,1675	0,04	22,69	ns	ns	ns	ns
K/Mn	0,0045	0,00	64,44	0,0030	0,00	50,00	0,0068	0,00	44,12	*	ns	*	ns
K/B	0,0821	0,02	26,43	0,0722	0,02	27,01	0,0969	0,02	16,51	ns	ns	ns	ns

Continua...

**Quadro 33.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs <i>P.taeda</i>		Geral vs P.híbrido	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 30)			<i>P. taeda</i> (n = 18)			P. híbrido (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
				DRIS									
Ca/N	0,2477	0,09	34,40	0,2122	0,06	29,88	0,3010	0,09	29,27	*	ns	*	ns
Ca/P	3,7646	1,51	40,14	3,1547	1,08	34,13	4,6793	1,65	35,16	ns	ns	ns	ns
Ca/K	1,0685	0,39	36,66	1,1094	0,44	40,02	1,0072	0,30	30,27	ns	ns	ns	ns
Ca/Mg	4,2002	1,48	35,32	4,0226	1,55	38,58	4,4665	1,40	31,27	*	ns	*	ns
Ca/S	4,5543	1,82	39,89	3,9382	1,21	30,68	5,4786	2,21	40,37	ns	*	ns	ns
Ca/Cu	1,1526	0,41	35,57	1,0341	0,32	31,11	1,3304	0,48	35,71	ns	ns	ns	ns
Ca/Fe	0,0419	0,03	62,77	0,0401	0,02	54,86	0,0446	0,03	73,32	ns	ns	ns	ns
Ca/Zn	0,151	0,05	34,24	0,1420	0,05	37,04	0,1646	0,05	29,89	ns	ns	ns	ns
Ca/Mn	0,0042	0,00	47,62	0,0028	0,00	35,71	0,0062	0,00	22,58	ns	ns	ns	ns
Ca/B	0,0824	0,02	29,25	0,0736	0,02	23,51	0,0957	0,03	28,63	ns	ns	ns	ns
Mg/N	0,0621	0,02	32,21	0,0568	0,02	34,86	0,0700	0,02	26,14	*	*	*	*
Mg/P	0,9449	0,36	38,48	0,8572	0,37	43,14	1,0764	0,33	30,20	ns	ns	ns	ns
Mg/K	0,2679	0,10	36,39	0,2831	0,09	30,06	0,2451	0,11	46,39	*	ns	*	ns
Mg/Ca	0,2665	0,09	32,80	0,2798	0,09	32,31	0,2464	0,08	33,40	*	ns	*	ns
Mg/S	1,1489	0,42	36,89	1,0602	0,40	37,30	1,2820	0,45	34,84	ns	ns	ns	ns
Mg/Cu	0,2886	0,09	32,78	0,2758	0,09	33,68	0,3079	0,10	31,83	ns	ns	ns	ns
Mg/Fe	0,011	0,01	62,73	0,0112	0,01	62,50	0,0107	0,01	66,36	*	ns	*	ns
Mg/Zn	0,0378	0,01	37,57	0,0362	0,01	24,31	0,0401	0,02	49,88	ns	ns	ns	*
Mg/Mn	0,0011	0,00	54,55	0,0008	0,00	50,00	0,0015	0,00	40,00	ns	ns	ns	ns
Mg/B	0,021	0,01	35,71	0,0197	0,01	28,43	0,0230	0,01	41,74	*	ns	*	ns

Continua...

**Quadro 33.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs <i>P.taeda</i>		Geral vs P.híbrido	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 30)			<i>P. taeda</i> (n = 18)			P. híbrido (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
				DRIS									
S/N	0,0566	0,01	24,03	0,0545	0,01	13,76	0,0597	0,02	32,83	*	ns	*	*
S/P	0,8542	0,27	31,97	0,7992	0,10	12,96	0,9368	0,41	43,71	*	ns	*	ns
S/K	0,2489	0,08	31,22	0,2776	0,06	20,61	0,2058	0,09	41,98	*	ns	*	ns
S/Ca	0,2516	0,09	35,61	0,2767	0,08	30,03	0,2139	0,09	41,51	*	*	*	*
S/Mg	1,0083	0,42	41,19	1,0585	0,34	32,57	0,9331	0,51	54,72	*	ns	*	ns
S/Cu	0,2668	0,08	30,88	0,2668	0,05	20,54	0,2667	0,12	43,19	*	ns	*	ns
S/Fe	0,0098	0,00	46,94	0,0104	0,00	40,38	0,0089	0,01	59,55	*	ns	*	ns
S/Zn	0,036	0,01	38,33	0,0374	0,01	34,49	0,0339	0,02	45,13	ns	ns	ns	ns
S/Mn	0,001	0,00	40,00	0,0008	0,00	37,50	0,0012	0,00	33,33	*	ns	*	ns
S/B	0,0196	0,01	33,67	0,0196	0,01	29,08	0,0195	0,01	41,03	*	ns	*	ns
Cu/N	0,2186	0,04	17,66	0,2074	0,02	11,28	0,2352	0,05	21,51	*	ns	*	ns
Cu/P	3,2706	0,61	18,57	3,0872	0,62	20,11	3,5458	0,49	13,80	*	ns	*	ns
Cu/K	0,9561	0,29	30,78	1,0725	0,30	27,96	0,7814	0,18	23,53	*	*	*	*
Cu/Ca	0,9717	0,33	33,97	1,0593	0,34	31,65	0,8402	0,29	34,11	*	ns	*	ns
Cu/Mg	3,8287	1,23	32,18	4,0331	1,38	34,12	3,5221	0,95	27,02	*	ns	*	ns
Cu/S	4,0432	1,09	26,85	3,8825	0,72	18,64	4,2843	1,48	34,56	*	ns	*	ns
Cu/Fe	0,0372	0,02	44,89	0,0398	0,02	42,71	0,0333	0,02	48,65	*	ns	*	ns
Cu/Zn	0,1374	0,05	34,57	0,1419	0,05	36,72	0,1307	0,04	31,14	*	ns	*	ns
Cu/Mn	0,0038	0,00	47,37	0,0029	0,00	34,48	0,0051	0,00	37,25	*	ns	*	ns
Cu/B	0,0744	0,02	21,77	0,0736	0,01	18,48	0,0755	0,02	26,75	*	ns	*	ns

Continua...

**Quadro 33.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs <i>P.taeda</i>		Geral vs P.híbrido	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 30)			<i>P. taeda</i> (n = 18)			P. híbrido (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
	DRIS												
Fe/N	7,3863	4,29	58,07	6,5928	4,16	63,06	8,5765	4,38	51,11	*	ns	*	ns
Fe/P	109,091	61,84	56,68	95,1745	55,31	58,11	129,9658	67,53	51,96	*	ns	*	ns
Fe/K	32,4453	21,93	67,59	34,8983	25,88	74,15	28,7657	14,44	50,20	*	ns	*	ns
Fe/Ca	31,278	17,33	55,41	32,2826	19,35	59,94	29,7711	14,46	48,57	*	ns	*	ns
Fe/Mg	132,032	91,75	69,49	131,4143	101,20	77,01	132,9587	79,78	60,00	*	ns	*	ns
Fe/S	138,6412	92,75	66,90	123,0676	79,37	64,49	162,0016	109,31	67,48	*	ns	*	ns
Fe/Cu	33,8421	19,00	56,14	32,0305	20,40	63,69	36,5593	17,18	46,98	ns	ns	ns	ns
Fe/Zn	4,7157	3,19	67,58	4,6168	3,61	78,19	4,8642	2,57	52,79	ns	ns	ns	ns
Fe/Mn	0,1297	0,09	72,40	0,0959	0,08	83,00	0,1804	0,09	51,88	*	ns	*	ns
Fe/B	2,5473	1,57	61,55	2,3333	1,43	61,40	2,8683	1,77	61,60	*	ns	*	ns
Zn/N	1,7226	0,54	31,33	1,5888	0,47	29,65	1,9233	0,59	30,84	*	ns	*	ns
Zn/P	26,4101	10,22	38,68	23,8989	8,50	35,58	30,1770	11,73	38,87	*	ns	*	ns
Zn/K	7,3319	2,31	31,49	8,0268	2,47	30,83	6,2895	1,62	25,70	*	ns	*	ns
Zn/Ca	7,4775	2,81	37,55	7,9578	2,84	35,63	6,7570	2,72	40,31	*	ns	*	ns
Zn/Mg	28,961	7,50	25,90	28,9523	6,05	20,89	28,9740	9,58	33,07	*	ns	*	ns
Zn/S	31,897	11,80	37,00	29,7777	9,84	33,05	35,0759	14,11	40,22	*	ns	*	ns
Zn/Cu	7,9902	2,38	29,85	7,7148	2,14	27,72	8,4033	2,76	32,83	*	ns	*	ns
Zn/Fe	0,3055	0,19	61,47	0,3112	0,17	54,56	0,2969	0,22	74,00	*	ns	*	ns
Zn/Mn	0,0303	0,02	58,42	0,0227	0,01	51,10	0,0417	0,02	46,52	*	ns	*	ns
Zn/B	0,5777	0,17	28,87	0,5584	0,17	29,57	0,6068	0,17	28,41	*	ns	*	ns

Continua...

**Quadro 33.** Continuação

Variável	Normas Gerais <sup>4/</sup>			Normas Específicas <sup>5/</sup>						Geral vs <i>P.taeda</i>		Geral vs P.híbrido	
	Geral (n <sup>6/</sup> = 30)			<i>P. taeda</i> (n = 18)			P. híbrido (n = 12)			$\bar{y}$	s <sup>2</sup> <sup>10/</sup>	$\bar{y}$	s <sup>2</sup>
	$\bar{y}$ <sup>7/</sup>	s <sup>8/</sup>	CV <sup>9/</sup>	$\bar{y}$	s	CV	$\bar{y}$	s	CV				
	DRIS												
Mn/N	68,6784	32,41	47,19	81,6468	35,22	43,13	49,2259	12,85	26,10	*	ns	*	ns
Mn/P	1045,497	559,78	53,54	1226,1305	629,91	51,37	774,5460	281,80	36,38	ns	ns	ns	ns
Mn/K	327,974	231,50	70,59	434,1465	243,85	56,17	168,7151	57,27	33,94	ns	ns	ns	ns
Mn/Ca	300,2775	142,11	47,33	388,1015	114,75	29,57	168,5414	36,58	21,70	*	ns	*	ns
Mn/Mg	1250,982	795,85	63,62	1580,0484	853,36	54,01	757,3814	318,38	42,04	*	ns	*	ns
Mn/S	1256,794	635,95	50,60	1515,2923	686,00	45,27	869,0458	256,07	29,47	ns	ns	ns	ns
Mn/Cu	324,3569	160,70	49,54	394,2993	165,82	42,05	219,4433	74,67	34,02	ns	ns	ns	ns
Mn/Fe	12,3574	9,37	75,83	15,8888	10,37	65,27	7,0603	3,77	53,45	ns	ns	ns	ns
Mn/Zn	44,344	26,23	59,14	55,5706	28,00	50,38	27,5042	9,28	33,74	ns	ns	ns	ns
Mn/B	23,6429	11,36	48,06	28,6352	11,54	40,31	16,1545	5,71	35,32	ns	ns	ns	ns
B/N	3,05	0,76	24,92	2,8938	0,54	18,71	3,2843	0,99	29,99	*	ns	*	ns
B/P	45,8874	12,98	28,30	43,2422	11,84	27,38	49,8551	14,12	28,32	ns	ns	ns	ns
B/K	13,1222	3,81	29,00	14,8098	3,88	26,20	10,5909	1,80	17,03	*	ns	*	ns
B/Ca	13,2123	4,09	30,95	14,4199	3,85	26,72	11,4010	3,89	34,16	*	ns	*	ns
B/Mg	52,6243	15,99	30,38	54,9453	15,79	28,73	49,1429	16,33	33,23	ns	ns	ns	ns
B/S	56,1141	16,34	29,12	54,2924	12,78	23,54	58,8467	20,93	35,56	ns	ns	ns	ns
B/Cu	14,1104	3,30	23,42	14,0688	2,81	19,94	14,1727	4,08	28,77	ns	ns	ns	ns
B/Fe	0,5376	0,32	59,34	0,5594	0,28	49,27	0,5049	0,39	76,43	ns	ns	ns	ns
B/Zn	1,8767	0,57	30,20	1,9485	0,62	31,60	1,7690	0,49	27,68	ns	ns	ns	ns
B/Mn	0,0528	0,03	51,33	0,0407	0,02	41,03	0,0710	0,03	42,25	ns	ns	ns	ns

<sup>1/</sup> Teores dos macronutrientes, em g/kg e dos micronutrientes, em mg/kg; <sup>2/</sup> Kenworthy (1961); <sup>3/</sup> Beauflis (1973); <sup>4/</sup> obtidas para o conjunto de *Pinus* (*P. taeda* e Pino híbrido); <sup>5/</sup> obtidas para *P. taeda* e para Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*); <sup>6/</sup> número de observações; <sup>7/</sup> média; <sup>8/</sup> desvio padrão; <sup>9/</sup> coeficiente de variação, em %; <sup>10/</sup> variância; ns: não significativo e \* significativo (p < 0,05) pelo teste de t para as médias e pelo teste de F para as variâncias.

#### 4.6 Diagnósticos nutricionais de povoamentos florestais de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina

A partir das normas geradas de cada população de referência, foram obtidas as faixas de suficiência para os métodos Kenworthy e DRIS conforme foi descrito nos itens 3.15 e 3.16. Na sequência, fazendo uso das faixas de suficiência específicas, realizou-se a diagnose nutricional de todos os povoamentos de *Pinus* e *Eucalyptus* que foram amostrados em Corrientes – Argentina durante o trabalho de campo desta pesquisa. Como síntese da diagnose nutricional feita dos talhões de *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e *P.* híbrido amostrados nesta Província, apresentam-se nas figuras 26 a 33 as frequências relativas, em %, quanto ao grau de balanço (Kenworthy) e quanto ao grau de equilíbrio (DRIS).

Objetivando simplificar a interpretação dos resultados nas figuras 26 a 33, tanto para o método Kenworthy quanto para o DRIS, procedeu-se ao agrupamento das classes inferiores e superiores. Isto foi feito da seguinte maneira: as classes deficiente e tendência a suficiente foram agrupadas como limitante por falta, enquanto que as classes tendência a excesso e excessiva constituem a classe limitante por excesso. Entretanto, com base na proposição feita inicialmente por Locatelli (2009) para soja e posteriormente adotada por Fernandes (2010) e Galdino (2015) para eucalipto, optou-se por subdividir a faixa normal em suficiente e alto, conforme descrito nos itens 3.15 e 3.16, procurando ter um maior refinamento da diagnose. Isto permite identificar talhões onde possa haver um “consumo de luxo” de nutrientes, que é representado pela classe alta.

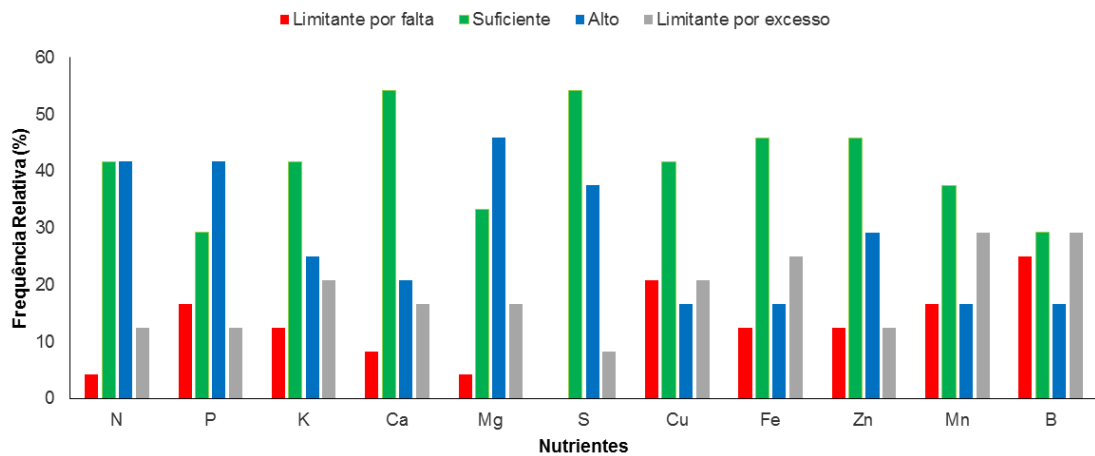
Com base na figura 26, pode-se observar que para *E. grandis* (seminal), S e N são os nutrientes que se encontram adequados mais frequentemente, entanto que B e Cu são os que se apresentam mais frequentemente como limitantes considerando o grau de balanço. Levando em consideração, que o “consumo de luxo” pode ser calculado por meio de um índice de consumo de luxo (ICL)<sup>p</sup>, tem-se neste caso que P e Mg, com

---

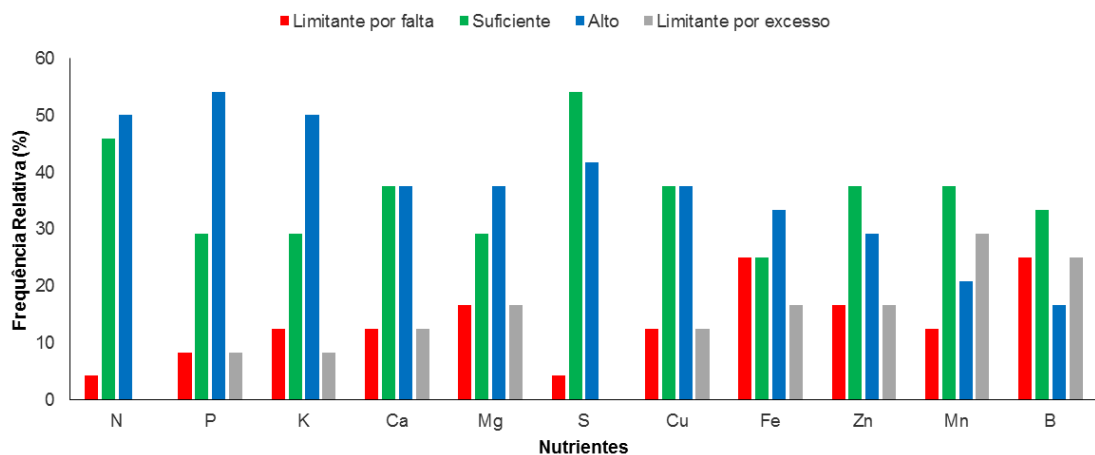
<sup>p</sup> O ICL é obtido ao fazer o quociente da frequência de talhões na classe alta dividido pelo somatório das frequências das classes suficiente e alta

58,8 e 57,9 %, respectivamente, são os nutrientes com maior “consumo de luxo”.

Para avaliar adequadamente a condição nutricional dos povoamentos, além do grau de balanço deve-se considerar também o grau de equilíbrio que existe entre os nutrientes, o qual é feito por meio dos índices DRIS. Para *E. grandis* (seminal), vê-se na figura 27 que N, S e P são os nutrientes que se encontram mais frequentemente adequados quanto ao grau de equilíbrio nos talhões considerados. Já Fe e B, aparecem com maior frequência como limitantes por falta, sendo que no caso particular do B aparece em maior frequência ainda como limitante por excesso.

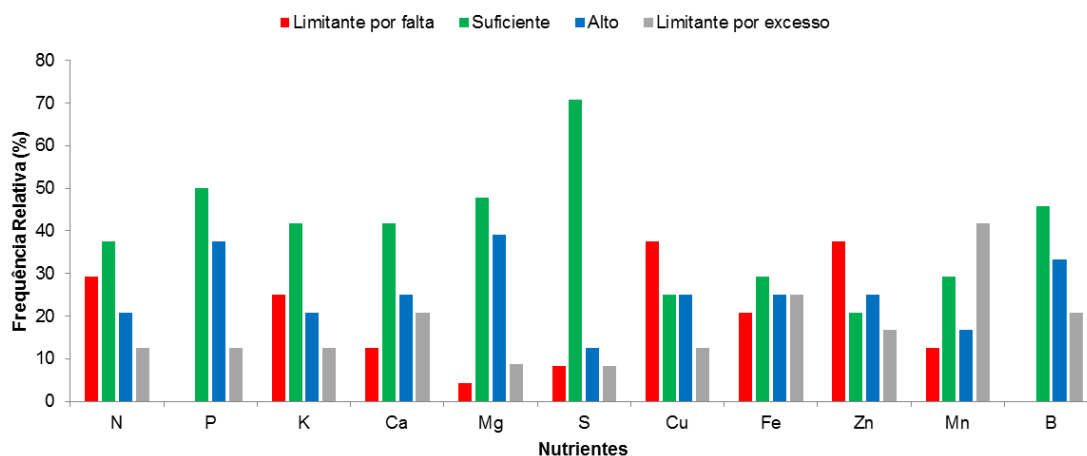


**Figura 26.** Frequência relativa quanto ao grau de balanço pelo método Kenworthy para macro e micronutrientes nos plantios de *E. grandis* (seminal) amostrados em Corrientes – Argentina.



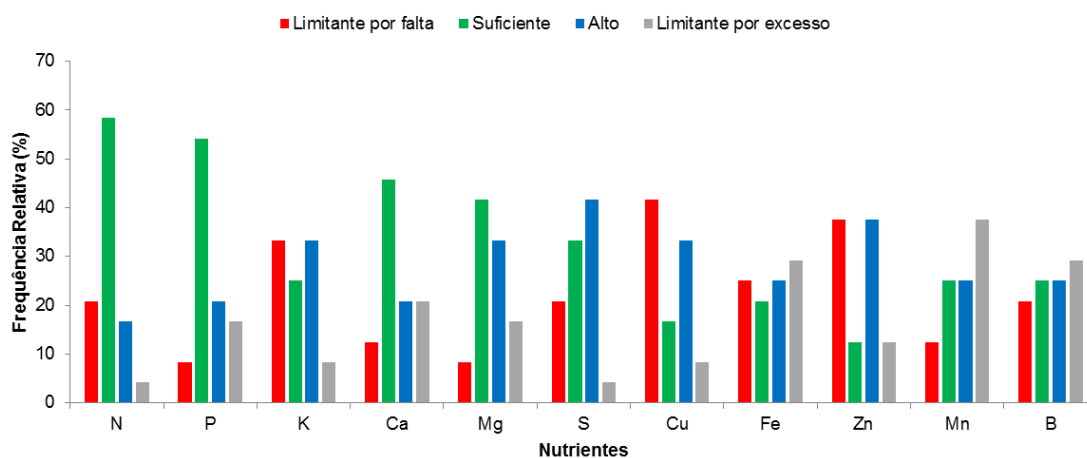
**Figura 27.** Frequência relativa quanto ao grau de equilíbrio pelo DRIS para macro e micronutrientes nos plantios de *E. grandis* (seminal) amostrados em Corrientes – Argentina.

Na figura 28, constata-se que para *E. grandis* (clonal), P, Mg e S são os nutrientes que se encontram adequados mais frequentemente quanto ao grau de balanço, entanto que Zn e Cu são os que se apresentam mais frequentemente como limitantes considerando o grau de balanço. Neste caso Zn e Cu, com 54,5 e 50,0 %, respectivamente, são os nutrientes com maior “consumo de luxo”.



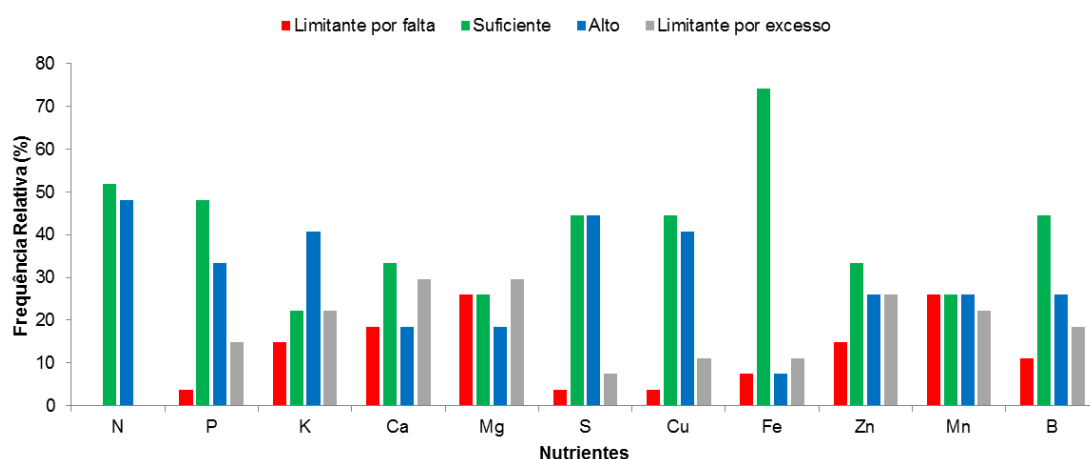
**Figura 28.** Frequência relativa quanto ao grau de balanço pelo método Kenworthy para macro e micronutrientes nos plantios de *E. grandis* (clonal) amostrados em Corrientes – Argentina.

Em relação ao grau de equilíbrio para *E. grandis* (clonal), observa-se na figura 29 que N, P, Ca, Mg e S são os nutrientes que se encontram mais frequentemente adequados nos talhões considerados. Já Cu e Zn e na sequência K, aparecem com maior frequência como limitantes por falta.



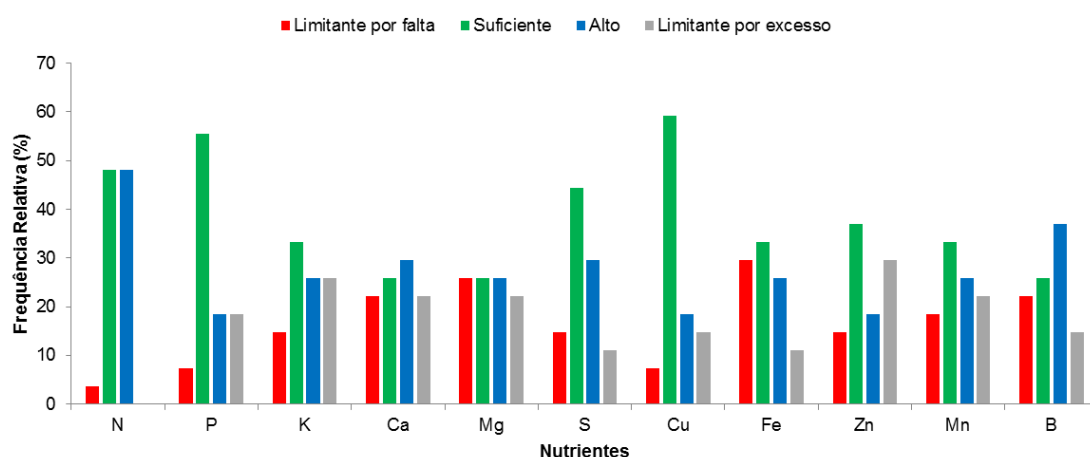
**Figura 29.** Frequência relativa quanto ao grau de equilíbrio pelo DRIS para macro e micronutrientes nos plantios de *E. grandis* (clonal) amostrados em Corrientes – Argentina.

Na figura 30, observa-se que para *P. taeda*, N, P, S, Cu e Fe são os nutrientes que se encontram adequados mais frequentemente quanto ao grau de balanço, entanto que Mg e Mn são os que se apresentam mais frequentemente como limitantes considerando o grau de balanço. Para esta espécie K, com 64,7 % e o nutriente com maior “consumo de luxo”.



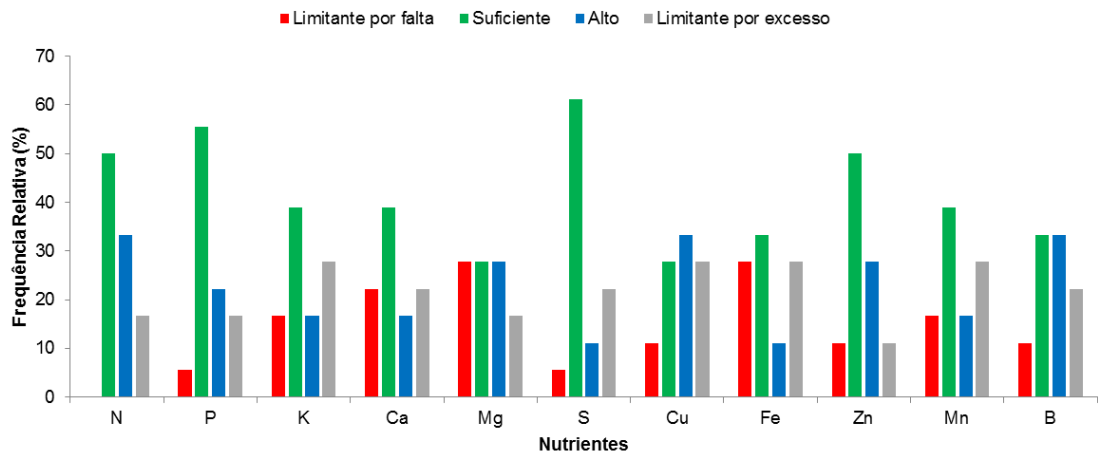
**Figura 30.** Frequência relativa quanto ao grau de balanço pelo método Kenworthy para macro e micronutrientes nos plantios de *P. taeda* amostrados em Corrientes – Argentina.

No que se refere ao grau de equilíbrio para *P. taeda*, observa-se na figura 31 que N, P, S e Cu são os nutrientes que mais frequentemente se encontram adequados nos talhões considerados. Entretanto, Mg e Fe aparecem com maior frequência como limitantes por falta.



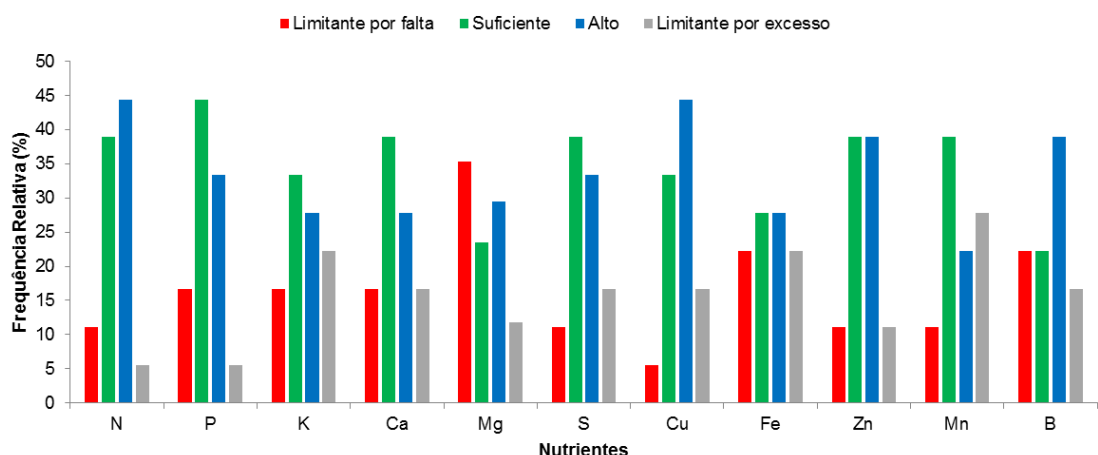
**Figura 31.** Frequência relativa quanto ao grau de equilíbrio pelo DRIS para macro e micronutrientes nos plantios de *P. taeda* amostrados em Corrientes – Argentina.

Na figura 32, vê-se que para o Pino híbrido, N, P, S e Zn são os nutrientes que se encontram adequados mais frequentemente quanto ao grau de balanço, entanto que Mg e Fe são os que com maior frequência são limitantes considerando o grau de balanço. Neste caso Cu, com 54,5 %, é o nutriente com maior “consumo de luxo”.



**Figura 32.** Frequência relativa quanto ao grau de balanço pelo método Kenworthy para macro e micronutrientes nos plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) amostrados em Corrientes – Argentina.

Em relação ao grau de equilíbrio para o Pino híbrido, observa-se na figura 33 que N, P, S, Cu e Zn são os nutrientes que mais frequentemente se encontram adequados nos talhões considerados. Já Mg aparece com maior frequência como limitante por falta.



**Figura 33.** Frequência relativa quanto ao grau de equilíbrio pelo DRIS para macro e micronutrientes nos plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) amostrados em Corrientes – Argentina.

## 5 CONCLUSÕES

- Obtiveram-se as primeiras quatro parametrizações do modelo 3-PG para plantios florestais na Argentina, sendo estas para: *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e o Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*);
- As quatro parametrizações do modelo 3-PG obtidas apresentaram boas estimativas para as variáveis de crescimento *dap*, altura total e volume de *stem*; ao compará-las com os valores observados de plantios florestais de Corrientes - Argentina;
- As estimativas de crescimento obtidas pelas quatro parametrizações do modelo 3-PG desenvolvidas para plantios florestais de Corrientes – Argentina, apresentaram menores desvios em relação aos valores observados, que as estimativas obtidas com as parametrizações existentes para *E. grandis* (clonal) e *P. taeda*, mostrando a falta de universalidade das parametrizações existentes para estas culturas, e, conseqüentemente, que as parametrizações devem ser feitas para a região em que serão usadas;
- A partir da fdp Weibull foi possível obter a distribuição de diâmetros dos plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* em Corrientes – Argentina, e foi desenvolvida uma estratégia que permite acoplar o modelo de distribuição de diâmetros ao 3-PG, podendo assim, incorporar o manejo com desbastes a este modelo ecofisiológico;
- Foram ajustadas equações para produção de biomassa e conteúdos de nutrientes de cada componente das árvores, para calibrar o módulo requerimento dos modelos de balanço nutricional;
- Para obter estimativas mais acuradas da demanda nutricional, recomenda-se usar as equações ajustadas especificamente para cada espécie ou híbrido;
- Obtiveram-se  $TR_{ext}$  para P, K, Ca e Mg para solos de Corrientes – Argentina;
- Foram geradas normas, e suas respectivas faixas de suficiência, específicas para: *E. grandis* (seminal), *E. grandis* (clonal), *P. taeda* e P. híbrido; e gerais para: *Eucalyptus* e *Pinus*;

- Recomenda-se o uso das normas específicas para cada espécie ou híbrido.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida AC, Landsberg JJ, Sands PJ. Parameterisation of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations. *For Ecol Manage.* 2004;193:179–195.

Alvarez VH V., Dias LE, Ribeiro Jr. ES, Souza RB de, Fonseca CA da. Análise de Enxofre em Materiais Vegetais - Enxofre Total. Métodos Análises Enxofre em Solos e Plantas. 2001a. p. 131.

Alvarez VH V., Dias LE, Ribeiro Jr. ES, Souza RB de, Fonseca CA da. Enxofre Disponível Extraído com  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , 500 mg/L de P, em  $\text{HOAc}$  2 mol/L. In: UFV E, organizador. Métodos Análises Enxofre em Solos e Plantas. Viçosa; 2001b. p. 43–50.

Alvarez V. VH, Leite RA. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculos dos índices DRIS. *Bol Inf Soc Bras Ciência do Solo.* 1999;24:20–25.

Alvarez V. VH, Novais RF, Dias LE, Oliveira JA de. Determinação e uso do fósforo remanescente. *Bol Inf Soc Bras Ciência do Solo.* 2000;25:27–32.

Barros Filho NF de. Sistema de Recomendação de Fertilizantes para o *Pinus taeda* L. (NutriPinus). Universidade Federal de Santa Maria; 2003.

Beaufils ER. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg, South Africa, University of Natal: Soil Science Bulletin, 1; 1973.

Boaretto RM, Mattos Jr D, Trivelin PCO, Muraoka T, Boaretto AE. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) aplicado em pomar jovem de laranjeira. *Rev Bras Frutic.* 2007;29:600–605.

Boaretto RM, Quaggio JA, Mattos Jr. D, Muraoka T, Boaretto AE. Boron uptake and distribution in field grown citrus trees. *J Plant Nutr.* 2011;34:839–849.

Borges JS. Modulador edáfico para uso em modelo ecofisiológico e produtividade potencial de povoamentos de eucalipto. 2012.

Borges JS, Neves JCL, Lourenço HM, Barros NF, Dias SCM. Parameterization of the 3-PG model for eucalypt in the region of Cerrado in Minas Gerais State. *Ciência Florest.* 2012;22:567–578.

Braga JM, Defelipo B V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Rev Ceres.* 1974;21:73–85.

Braier G. Tendencias y perspectivas del sector forestal al año 2020. Argentina. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. FAO; 2004.

Bray RH, Kurtz LT. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 1945;59:39–45.

Bryars C, Maier C, Zhao D, Kane M, Borders B, Will R, Teskey R. Fixed physiological parameters in the 3-PG model produced accurate estimates of loblolly pine growth on sites in different geographic regions. *For Ecol Manage.* Elsevier B.V.; 2013;289:501–514.

Campos JCC, Leite HG. Mensuração Florestal: perguntas e respostas. 5ta ed. Viçosa, MG: Editora UFV; 2017.

Cruzate G, Panigatti JL. *Suelos y ambientes de Corrientes.* 2008.

Dewis J, Freitas F. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. *Boletín sobre suelos.* FAO - Roma; 1970. p. 36–57.

Elizondo MH. Primer Inventario Forestal de la Provincia de Corrientes - 2009. 2009.

Elizondo MH. Actualización del Inventario de Plantaciones Forestales de la Provincia de Corrientes. Cons. Fed. Inversiones - Prov. Corrientes. 2015.

EMBRAPA SN de L e C de S. Manual de métodos de análise de solos. 2da Edição. Rio de Janeiro; 1997.

Escobar EH, Ligier HD, Melgar R, Matteio H, Vallejos V. Mapa de suelos de la Provincia de Corrientes 1:500.000. Corrientes: Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales E.E.A. INTA - Corrientes; 1996.

Esprey LJ, Sands PJ, Smith CW. Understanding 3-PG using a

sensitivity analysis. *For Ecol Manage.* 2004;193:235–250.

Feigenbaum S, Bielorai H, Erner Y, Dasberg S. The fate of 15N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. *Plant Soil.* 1987;97:179–187.

Fernandes L V. Normas e determinação de faixas de suficiência para diagnose foliar com base no crescimento relativo de eucalipto. 2010.

Ferreira MM. Caracterização física do solo. In: Jong van Lier Q de, organizador. *Física do solo.* Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2010. p. 1–27.

Freire FJ. Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar. Universidade Federal de Viçosa; 2001.

Galdino MP. Valores de referência e faixas de suficiência nutricional para avaliação do estado nutricional da cultura do eucalipto no Brasil. 2015.

Gonzalez-Benecke CA, Jokela EJ, Cropper Jr WP, Bracho R, Leduc DJ. Parameterization of the 3-PG model for *Pinus elliottii* stands using alternative methods to estimate fertility rating , biomass partitioning and canopy closure. *For Ecol Manage.* Elsevier B.V.; 2014;327:55–75.

Gonzalez-Benecke CA, Teskey RO, Martin TA, Jokela EJ, Fox TR, Kane MB, Noormets A. Regional validation and improved parameterization of the 3-PG model for *Pinus taeda* stands. *For Ecol Manage.* Elsevier B.V.; 2016;361:237–256.

Jackson ML. Análisis químicos de los suelos. 2da Edició. Omega E, organizador. Barcelona; 1964.

Jones CA. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) of interpreting plant analysis. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 1981;22:785–794.

Kenworthy AL. Interpreting the balance of nutrient-elements in leaves of fruit trees. In: Reuther W, organizador. *Plant Anal Fertil Probl.* Washington, DC: American Institute of Biological Science; 1961. p. 28–43.

Kurihara CH. Demanda de nutrientes pela soja e diagnose do seu

estado nutricional. Universidade Federal de Viçosa; 2004.

Landsberg JJ, Johnsen KH, Mckeand SE, Albaugh TJ, Allen HL. Applying 3=PG, a Simple Process-Based Model Designed to Produce Practical Results, to Data from Loblolly Pine Experiments. 2001;47:43–51.

Landsberg JJ, Waring RH. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. For Ecol Manage. 1997;95:209–228.

Landsberg JJ, Waring RH, Coops NC. Performance of the forest productivity model 3-PG applied to a wide range of forest types. For Ecol Manage. 2003;172:199–214.

Locatelli M V. Diagnose nutricional de lavouras de soja da região de Campo Novo dos Parecis, Mato Grosso. Universidade Federal de Viçosa; 2009.

Marengo A. Plan Estratégico foresto-industrial de la provincia de Corrientes 2013. 1ra ed. Ciudad Autonoma de Buenos Aires: Consejo Federal de Inversiones; 2013.

Mattos Jr D, Graetz DA, Alva AK. Biomass Distribution and Nitrogen-15 Partitioning in Citrus Trees on a Sandy Entisol. Soil Sci Soc Am J. 2003;67:555–563.

Mehlich A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> by North Carolina Soil Testing Laboratories. Raleigh; 1953.

Neves JCL. Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. Universidade Estadual do Norte Fluminense; 2000.

Novais RF, Alvarez V. VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2007.

Novais RF, Smyth TJ. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 1999.

Olsen SR, Sommers LE. Phosphorus. In: SSSA A and, organizador.

Methods soil Anal Part 2. 2nd ed Madison, WI., USA; 1982. p. 403–430.

Pontes MS. PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO 3-PG PARA TECA (*Tectona grandis* L.f.) E DOS SISTEMAS FERTI-UFV E NUTRI-UFV PARA SUBSIDIAR O SEU MANEJO NUTRICIONAL. 2011.

Quiñones A, Bañuls J, Millo EP, Legaz F. Effects of 15 N application frequency on nitrogen uptake efficiency in Citrus trees. *J Plant Physiol.* 2003;160:1429–1434.

Reis MGF, Barros NF, Kimmins JP. Acúmulo de nutrientes em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden) plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. *Rev Árvore.* 1987;11:1–15.

Rocha JBO. DIAGNOSE NUTRICIONAL DE PLANTIOS JOVENS DE EUCALIPTO NA REGIÃO LITORÂNEA DO ESPÍRITO SANTO E SUL DA BAHIA. 2008.

Ruiz HA. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *Rev Bras Ciência do Solo.* 2005;29:297–300.

Ruiz HA, Ferreira GB, Pereira JBM. Estimativa da capacidade de campo de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade. *Rev Bras Ciência do Solo.* 2003;27:389–393.

Sands P. Adaptation of 3-PG to novel species: guidelines for data collection and parameter assignment. Technical Report 141. Hobart, Australia; 2004.

Sands PJ, Landsberg JJ. Parameterisation of 3-PG for plantation grown *Eucalyptus globulus*. *For Ecol Manage.* 2002;163:273–292.

Santos FC, Neves JCL, Novais RF, Alvarez V. VH, Sediyaama CS. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. *Rev Bras Ciência do Solo.* 2008;32:1661–1674.

SENASA. Bosques argentinos, actividad forestal y economías regionales [Internet]. 2014.

Silva GGC. Nutrição, crescimento e sua modelagem em povoamentos de eucalipto em resposta à disponibilidade de água e nutrientes. Universidade Federal de Viçosa; 2006.

Stahringer NI. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da laranjeira com base no balanço nutricional (Ferticalc-Laranja) [Internet]. Universidade Federal de Viçosa; 2013.

Stahringer NI, Neves JCL, Martins BF, Andrade BG, Caliman JP, Ribeiro CAAS. Índice de Qualidade de Sítio (IQS) como forma de prever o requerimento nutricional para eucalipto. FertBio 2014. Araxá, MG; 2014.

Stape JL, Ryan MG, Binkley D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. For Ecol Manage. 2004;193:219–234.

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani C, Bohnen H. Análise de solos, plantas e outros materiais - Boletim técnico nº5. Porto Alegre: UFRGS; 1995.

USDA-NRCS Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. 11 Edition. Washington, DC; 2010.

Witschoreck R. Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L. de 17 anos de idade no município de Cambará do Sul - RS. 2008.

# APÊNDICE A

**Quadro 1.** Equações ajustadas para diversos atributos de *E. grandis* (seminal e clonal), *P. taeda* e Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*), com base nos modelos propostos no modelo 3-PG

Espécie/híbrido	Atributo/Equação	R <sup>2</sup>
<i>E. grandis</i> (seminal)	$w_{\text{Facum.}} = 0,1617 \text{ dap}^{1,6432}$	0,9011
<i>E. grandis</i> (clonal)	$w_{\text{Facum.}} = 0,3122 \text{ dap}^{1,4017}$	0,8333
<i>P. taeda</i>	$w_{\text{Facum.}} = 0,2155 \text{ dap}^{1,6959}$	0,7207
P. híbrido	$w_{\text{Facum.}} = 0,301 \text{ dap}^{1,4475}$	0,6527
<i>E. grandis</i> (seminal)	$w_{\text{S}} = 0,0683 \text{ dap}^{2,5272}$	0,9811
<i>E. grandis</i> (clonal)	$w_{\text{S}} = 0,0654 \text{ dap}^{2,504}$	0,9907
<i>P. taeda</i>	$w_{\text{S}} = 0,0211 \text{ dap}^{2,774}$	0,9573
P. híbrido	$w_{\text{S}} = 0,0086 \text{ dap}^{3,0248}$	0,9511
<i>E. grandis</i> (seminal)	$p_{\text{FS}} = 1,5394 \text{ dap}^{-0,884}$	-
<i>E. grandis</i> (clonal)	$p_{\text{FS}} = 2,6722 \text{ dap}^{-1,1023}$	-
<i>P. taeda</i>	$p_{\text{FS}} = 6,2439 \text{ dap}^{-1,0781}$	-
P. híbrido	$p_{\text{FS}} = 16,7490 \text{ dap}^{-1,5773}$	-
<i>E. grandis</i> (seminal)	$\sigma = 7,6 + (16,2 - 7,6) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/1,5063)^{0,6112})$	0,3898
<i>E. grandis</i> (clonal)	$\sigma = 8 + (19,4 - 8) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/1,0812)^{1,5072})$	0,6909
<i>P. taeda</i>	$\sigma = 6,3 + (7,0 - 6,3) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/6,1996)^{3,2993})$	-
P. híbrido	$\sigma = 5,1 + (6 - 5,1) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/5,7350)^{5,7190})$	-
<i>E. grandis</i> (seminal)	$\rho = 494 + (321 - 494) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/4,4121)^{1,1109})$	0,7042
<i>E. grandis</i> (clonal)	$\rho = 550 + (327 - 550) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/3,3097)^{1,2128})$	0,8856
<i>P. taeda</i>	$\rho = 521 + (320 - 521) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/5,8192)^{0,4741})$	-
P. híbrido	$\rho = 465 + (341 - 465) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/8,8478)^{2,1532})$	-
<i>E. grandis</i> (seminal)	$P_{\text{BB}} = 0,19 + (0,70 - 0,19) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/1,6123)^{2,3321})$	0,9034
<i>E. grandis</i> (clonal)	$P_{\text{BB}} = 0,15 + (0,63 - 0,15) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/1,5476)^{1,9010})$	0,8570
<i>P. taeda</i>	$P_{\text{BB}} = 0,20 + (0,65 - 0,20) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/4,0574)^{1,7478})$	-
P. híbrido	$P_{\text{BB}} = 0,17 + (0,60 - 0,17) \exp(-(\ln 2) (\text{idade}/2,7261)^{0,9879})$	-
<i>E. grandis</i> (seminal)	$Ht = 2,4001 \text{ dap}^{0,7821} N^{-0,0320}$	0,9212
<i>E. grandis</i> (clonal)	$Ht = 1,4384 \text{ dap}^{0,9101} N^{-0,0083}$	0,9304
<i>P. taeda</i>	$Ht = 0,8958 \text{ dap}^{0,9288} N^{-0,0279}$	0,7869
P. híbrido	$Ht = 0,7189 \text{ dap}^{0,9816} N^{-0,0159}$	0,7531
<i>E. grandis</i> (seminal)	$V_{\text{s}} = 0,000077 \text{ dap}^{2,7033} N^{0,9951}$	0,9910
<i>E. grandis</i> (clonal)	$V_{\text{s}} = 0,000006 \text{ dap}^{3,2627} N^{1,1476}$	0,9959
<i>P. taeda</i>	$V_{\text{s}} = 0,000002 \text{ dap}^{3,5359} N^{1,1076}$	0,9645
P. híbrido	$V_{\text{s}} = 0,00000011 \text{ dap}^{4,6238} N^{1,3864}$	0,9747

$w_{\text{Facum.}}$  = massa de matéria seca de folhas acumuladas, em kg/arv.  $w_{\text{S}}$  = massa de matéria seca de *stem*, em kg/arv.  $\text{dap}$  = diâmetro à altura do peito.  $p_{\text{FS}}$  = relação de partição entre folhas e *stem*.  $\sigma$  = área foliar específica, em m<sup>2</sup>/kg.  $\rho$  = densidade da madeira, em t/m<sup>3</sup>.  $P_{\text{BB}}$  = fração da massa de matéria seca de *stem* que corresponde aos galhos e à casca (*branch and bark fraction*).  $Ht$  = altura total, em m.  $V_{\text{s}}$  = volume de *stem*, em m<sup>3</sup>/ha.

# APÊNDICE B

**Quadro 1.** Teores foliares de macro e micronutrientes das árvores de *E. grandis* (seminal) amostradas neste trabalho em Corrientes – Argentina, classificadas por região, idade e classe diamétrica

Região	Idade (meses)	Classe diamétrica	g/kg					mg/kg					
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Sudeste	21	Superior	23,5	1,2	5,4	6,3	2,0	1,4	10,3	100,4	16,5	1512,3	58,7
		Média	25,6	2,7	6,5	12,3	2,9	1,6	14,3	82,1	24,1	3714,4	62,1
		Inferior	23,8	1,6	6,5	10,5	2,7	1,6	14,0	92,0	16,2	2952,6	59,2
	69	Superior	20,5	1,3	4,3	9,5	2,5	1,3	5,5	88,9	10,1	2138,3	76,5
		Média	17,3	0,8	5,5	20,4	2,7	1,1	7,4	67,6	13,4	2910,9	112,7
		Inferior	22,2	1,4	5,2	12,8	2,0	1,4	11,0	81,8	11,1	2964,9	78,4
	192	Superior	19,4	0,9	8,5	9,9	2,3	1,2	7,6	80,8	10,0	1498,0	90,0
		Média	20,3	0,8	6,6	8,6	2,7	1,1	7,5	76,9	8,7	1248,3	92,2
		Inferior	19,5	0,9	7,1	11,0	2,8	1,1	7,7	70,4	11,7	1877,4	100,1
Nordeste	9	Superior	28,0	1,5	9,1	7,9	1,7	1,6	13,0	129,1	17,2	1345,2	41,8
		Média	30,5	1,5	9,1	8,6	1,8	1,6	22,8	177,2	16,3	1706,5	43,6
		Inferior	28,8	1,3	8,7	9,1	2,3	1,5	15,2	139,7	21,7	1763,0	35,5
	21	Superior	20,1	1,1	6,2	13,9	1,9	1,4	18,0	112,1	17,3	2531,6	75,2
		Média	22,8	1,2	6,9	19,6	2,3	1,3	15,5	134,3	16,3	2549,6	66,9
		Inferior	25,0	1,5	7,0	17,4	2,0	1,4	12,6	153,1	14,6	3017,7	60,2
	33	Superior	22,4	1,3	8,0	9,3	1,9	1,3	10,7	90,0	12,2	1150,4	57,6
		Média	23,0	1,1	6,7	9,7	2,3	1,3	10,0	110,1	13,7	1288,8	75,1
		Inferior	21,7	1,1	6,7	8,3	2,2	1,2	9,4	92,6	15,2	1218,1	49,6
	57	Superior	22,3	1,4	6,9	6,7	1,9	1,2	15,1	110,2	12,1	761,2	57,5
		Média	20,5	1,1	6,4	8,4	2,6	1,3	8,5	143,9	10,9	581,4	54,4
		Inferior	21,2	1,4	8,2	10,7	2,5	1,2	10,6	141,8	11,4	624,0	53,1
82	Superior	18,6	1,3	7,9	10,0	2,4	1,3	8,8	90,0	14,0	1074,1	92,0	
	Média	20,1	1,3	7,9	10,6	2,3	1,3	9,7	101,9	12,5	1437,1	109,3	
		Inferior	22,7	1,7	9,3	12,3	3,5	1,4	9,2	88,4	14,0	1696,2	99,5

**Quadro 2.** Teores foliares de macro e micronutrientes das árvores de *E. grandis* (clonal) amostradas neste trabalho em Corrientes – Argentina, classificadas por região, idade e classe diamétrica

Região	Idade (meses)	Classe diamétrica	g/kg					mg/kg					
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Centro-oeste	31	Superior	20,2	1,4	5,1	7,9	1,9	1,2	7,4	113,6	9,9	6575,3	70,5
		Média	18,7	1,5	6,3	7,9	1,8	1,4	6,8	115,1	10,0	5223,7	49,8
		Inferior	13,7	1,3	4,3	9,9	1,6	1,1	6,0	69,3	8,7	6624,5	65,5
	32	Superior	17,1	1,4	2,8	5,8	1,6	1,0	7,6	134,5	6,1	3093,9	99,7
		Média	16,4	1,4	3,6	5,9	1,8	1,2	9,3	399,3	9,4	3430,5	76,8
		Inferior	18,8	1,4	3,6	6,1	2,1	1,2	12,6	247,9	10,0	3621,7	67,9
Nordeste	9	Superior	30,3	1,5	9,3	9,7	1,8	1,7	21,6	167,3	17,4	1948,7	57,8
		Média	31,9	1,6	9,4	8,1	2,1	2,0	16,5	164,0	19,9	1866,1	48,6
		Inferior	28,5	1,4	9,6	10,9	2,1	1,7	13,8	167,2	16,0	1349,7	49,5
	21	Superior	29,8	1,3	8,2	7,9	2,1	1,4	11,2	80,6	14,7	1619,9	51,3
		Média	25,9	1,1	8,1	9,2	1,9	1,3	14,7	125,1	15,7	1660,8	58,5
		Inferior	23,9	1,1	7,9	8,6	1,7	1,2	15,5	122,0	13,6	1330,5	52,4
	22	Superior	24,9	1,2	7,1	10,4	2,1	1,3	13,8	104,6	14,6	1368,0	53,8
		Média	26,8	1,2	8,7	7,9	2,1	1,6	13,4	98,2	14,5	1095,4	49,3
		Inferior	26,5	1,2	7,2	9,2	2,2	1,6	12,7	106,0	17,3	1246,7	57,1
	33	Superior	23,4	1,2	6,2	6,6	1,7	1,3	7,5	120,9	13,1	1136,8	69,5
		Média	22,1	1,2	5,5	6,9	1,9	1,3	8,5	137,9	10,6	1106,1	65,8
		Inferior	22,4	1,2	5,9	7,0	2,0	1,3	8,4	144,2	11,6	1112,7	71,5
57	Superior	18,4	1,8	7,0	6,7	1,6	1,3	7,3	127,6	8,8	503,0	58,5	
	Média	18,4	1,5	6,4	6,6	1,7	1,3	8,6	104,9	8,9	536,8	55,1	
	Inferior	21,6	1,6	7,7	7,0	2,4	1,3	8,7	72,2	16,5	657,7	52,9	
82	Superior	21,2	1,1	6,2	8,2	2,0	1,2	11,0	77,6	10,0	1015,1	66,6	
	Média	20,3	1,1	6,4	8,1	2,2	1,3	9,6	93,4	12,0	1044,8	62,3	
		Inferior	21,3	1,1	6,9	10,9	2,9	1,2	9,4	73,8	11,6	1044,8	66,1

**Quadro 3.** Teores foliares de macro e micronutrientes das árvores de *P. taeda* amostradas neste trabalho em Corrientes – Argentina, classificadas por região, idade e classe diamétrica

Região	Idade (meses)	Classe diamétrica	g/kg						mg/kg				
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Centro-oeste	38	Superior	15,6	1,3	2,6	4,8	0,6	0,9	3,0	286,0	17,0	892,6	47,9
		Média	14,1	1,2	2,6	4,1	0,7	0,8	2,9	134,6	22,6	1448,9	42,5
		Inferior	17,7	1,4	3,5	6,7	0,6	0,9	3,7	154,8	38,4	2228,5	41,4
	99	Superior	14,3	1,2	3,2	3,1	0,7	1,1	2,6	94,5	21,2	1273,5	30,5
		Média	15,2	1,3	3,7	2,2	0,7	1,0	2,8	60,2	19,9	964,7	33,3
		Inferior	14,0	1,3	3,8	3,4	1,0	0,7	2,9	57,2	24,8	1077,3	35,0
	175	Superior	15,3	1,1	4,2	1,9	0,6	0,7	2,7	68,9	18,8	825,1	42,9
		Média	14,2	1,1	2,7	1,9	0,5	0,8	3,6	75,3	11,4	911,4	41,7
		Inferior	14,4	1,0	4,1	2,1	0,7	0,9	2,3	56,9	15,9	810,7	53,0
Sudeste	44	Superior	15,6	1,0	3,2	2,9	1,0	0,8	3,4	68,8	30,4	1137,2	38,1
		Média	15,5	1,1	3,2	3,1	1,1	0,8	3,7	62,2	44,9	1177,4	46,2
		Inferior	18,4	1,2	4,6	3,2	1,1	0,9	4,2	63,0	49,4	1532,6	41,8
	84	Superior	16,3	1,0	2,6	4,2	0,9	0,9	3,1	58,9	28,5	1440,7	55,1
		Média	18,4	1,1	2,9	3,6	0,7	1,0	4,4	57,4	22,0	1430,9	47,5
		Inferior	16,1	1,0	2,3	5,6	0,8	1,0	3,7	54,4	29,1	1538,8	67,2
	177	Superior	15,0	0,9	3,4	5,5	1,7	0,8	3,2	51,3	28,2	2495,0	66,0
		Média	16,5	1,0	3,5	3,1	1,1	1,0	3,3	73,1	23,7	1260,5	37,7
		Inferior	17,3	1,0	3,6	4,9	1,6	1,0	3,5	47,8	27,8	2564,6	67,2
Nordeste	48	Superior	14,9	0,8	1,8	3,4	0,6	0,6	3,5	137,1	22,1	1836,2	40,3
		Média	14,0	0,9	2,3	3,3	0,5	0,8	2,8	90,4	16,2	2156,4	38,1
		Inferior	13,9	0,9	2,5	2,9	0,5	0,7	2,8	98,7	19,5	2043,9	44,0
	84	Superior	15,7	1,0	3,4	2,5	1,2	0,8	3,7	239,4	28,3	852,9	43,3
		Média	14,9	1,1	3,1	3,6	1,2	0,8	3,0	93,7	24,2	986,9	50,4
		Inferior	14,5	0,9	3,2	4,4	1,3	0,7	2,9	90,1	35,9	987,9	43,5
	144	Superior	18,0	0,9	3,8	3,1	1,0	0,9	3,1	80,4	33,7	725,6	51,5
		Média	17,3	1,1	4,7	3,3	1,1	0,9	3,6	99,4	35,4	745,4	59,4
		Inferior	17,2	1,0	4,7	2,2	0,8	0,9	3,9	71,9	31,7	593,7	53,0

**Quadro 4.** Teores foliares de macro e micronutrientes das árvores de Pino híbrido (*P. eliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) amostradas neste trabalho em Corrientes – Argentina, classificadas por região, idade e classe diamétrica

Região	Idade (meses)	Classe diamétrica	g/kg						mg/kg				
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Sudoeste	46	Superior	14,1	1,2	6,4	3,5	0,9	0,6	4,4	111,1	27,7	540,4	51,9
		Média	12,9	1,1	5,3	5,7	0,8	0,8	3,6	161,3	24,1	922,6	60,0
		Inferior	14,1	1,1	4,2	5,9	0,6	1,0	3,8	258,7	27,6	1101,5	46,1
	104	Superior	13,8	0,8	4,1	5,4	1,1	0,7	2,3	38,6	28,0	633,8	57,0
		Média	12,6	0,9	5,8	2,9	0,9	0,8	3,8	56,8	41,7	435,5	62,1
		Inferior	13,6	0,8	5,7	4,4	1,0	1,0	2,8	67,6	26,9	712,1	54,7
	156	Superior	13,0	0,7	3,8	3,8	0,7	1,3	2,9	107,3	22,4	884,0	43,7
		Média	12,3	0,7	3,4	3,2	0,6	1,2	2,2	71,6	22,0	706,2	32,0
		Inferior	13,0	0,8	5,3	2,0	0,6	0,9	3,3	52,3	24,7	475,4	44,3
Nordeste	47	Superior	11,0	0,8	4,8	4,8	0,9	0,5	3,2	191,4	25,1	519,3	44,2
		Média	16,0	0,9	4,0	3,9	0,8	0,7	3,3	248,0	25,6	739,0	32,9
		Inferior	16,0	0,9	4,6	3,6	0,7	0,7	3,8	236,8	23,0	581,7	33,0
	84	Superior	12,5	1,0	2,6	2,5	1,0	0,7	2,5	89,3	13,0	419,8	35,3
		Média	11,1	0,8	2,5	3,5	1,2	0,7	3,0	81,8	14,8	600,6	26,1
		Inferior	12,2	0,8	3,5	3,7	1,0	0,7	3,3	79,3	20,6	579,7	49,4
	144	Superior	16,2	0,8	4,0	5,9	1,3	0,7	3,0	98,8	41,4	939,3	41,8
		Média	15,0	1,0	3,4	2,8	0,9	0,7	3,2	113,7	23,7	535,1	33,2
		Inferior	15,3	0,7	2,8	4,5	1,4	0,7	4,0	121,4	28,9	1309,9	36,3

# APÊNDICE C

**Quadro 1.** Características químicas e físico-químicas de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *E. grandis* (seminal) de diferentes idades, nas regiões sudeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profundidade (cm)	pH em H <sub>2</sub> O	M.O.S. (dag/kg)	Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	(H + Al)	P-rem (mg/L)
Sudeste	21	0 - 20	5,0	1,9	0,2	2,4	46,6
		20 - 40	4,7	1,2	1,1	2,6	33,9
		40 - 60	4,7	1,1	1,2	3,2	31,6
		60 - 80	5,1	1,1	0,8	2,8	25,3
		80 - 100	5,2	1,2	0,8	3,0	14,6
	21	0 - 20	5,1	1,1	0,3	1,8	43,2
		20 - 40	4,9	1,0	1,2	2,8	32,6
		40 - 60	5,0	0,9	1,0	2,6	26,9
		60 - 80	5,2	1,1	1,0	3,2	18,1
		80 - 100	5,2	0,9	1,0	3,4	11,7
	69	0 - 20	5,0	1,7	0,3	2,8	34,4
		20 - 40	5,1	0,9	1,2	3,0	37,7
		40 - 60	5,3	0,8	1,2	2,6	33,6
		60 - 100	5,6	0,5	0,4	1,8	12,4
		0 - 20	4,3	1,4	1,2	3,0	7,7
	192	20 - 40	4,7	0,7	1,1	2,2	40,4
		40 - 60	5,0	0,5	1,2	2,0	34,8
		60 - 80	5,3	0,7	1,6	3,0	27,6
		80 - 100	5,3	0,6	1,0	3,2	35,5
		9	0 - 20	4,7	3,5	1,4	7,3
20 - 40	4,7		2,1	1,6	5,9	6,3	
40 - 60	4,7		2,8	1,7	6,5	8,1	
60 - 100	4,7		1,6	1,5	4,6	5,4	
21	0 - 20		4,9	3,3	0,9	6,7	11,5
	20 - 40	4,9	3,3	0,9	6,3	17,0	
	40 - 60	5,0	2,2	1,2	5,7	8,0	
	60 - 100	5,0	1,7	0,9	4,6	4,7	
	33	0 - 20	4,6	3,5	2,5	8,5	14,3
20 - 40		4,8	2,5	2,4	7,3	9,8	
40 - 60		4,8	2,3	2,4	6,9	6,5	
60 - 100		4,9	1,4	2,3	5,3	5,6	
57		0 - 20	4,9	1,0	1,0	7,3	19,4
	20 - 40	4,8	3,5	1,7	6,3	9,4	
	40 - 60	4,9	1,0	1,7	5,2	5,2	
	60 - 100	4,7	3,2	1,8	5,3	4,6	
	82	0 - 20	4,7	3,5	1,6	8,3	12,7
20 - 40		4,7	1,0	1,8	6,7	10,1	
40 - 60		4,8	1,5	1,7	5,5	6,0	
60 - 100		4,8	0,7	1,4	4,6	4,7	

**Quadro 2.** Características químicas e físico-químicas de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *E. grandis* (clonal) de diferentes idades, nas regiões centro-oeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profundidade (cm)	pH em H <sub>2</sub> O	M.O.S. (dag/kg)	Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	(H + Al)	P-rem (mg/L)	
Centro-oeste	31	0 - 20	4,6	0,6	0,9	2,8	43,9	
		20 - 40	4,7	0,2	0,8	1,4	43,8	
		40 - 60	4,8	0,3	0,5	1,0	45,1	
		60 - 100	4,9	0,2	0,4	0,7	51,3	
	32	0 - 20	4,1	1,6	1,5	4,0	42,8	
		20 - 40	4,5	0,1	0,8	2,4	41,1	
		40 - 60	4,5	0,2	0,7	1,2	43,0	
		60 - 100	4,7	0,0	0,3	0,8	49,8	
	Nordeste	9	0 - 20	4,8	4,0	1,0	7,1	14,9
			20 - 40	4,7	2,7	1,5	5,9	9,6
			40 - 60	4,7	2,1	1,5	5,3	5,8
			60 - 100	4,7	1,5	1,2	4,6	4,9
21		0 - 20	4,8	4,0	1,1	7,1	16,6	
		20 - 40	4,7	2,6	2,2	6,5	9,3	
		40 - 60	4,8	2,1	2,2	6,1	8,0	
		60 - 100	4,9	0,0	1,4	5,2	4,1	
22		0 - 20	4,7	3,9	2,1	8,7	16,1	
		20 - 40	4,8	3,0	2,0	6,7	11,2	
		40 - 60	5,0	2,0	2,2	6,3	8,0	
		60 - 100	5,0	1,7	2,3	5,2	6,2	
33	0 - 20	4,7	3,3	2,0	8,5	12,7		
	20 - 40	4,6	2,7	2,3	7,3	8,7		
	40 - 60	4,7	2,1	2,0	6,1	6,8		
	60 - 100	4,8	1,5	1,6	4,6	4,4		
57	0 - 20	4,7	3,4	1,5	7,5	19,9		
	20 - 40	4,8	2,5	2,0	6,5	11,1		
	40 - 60	4,7	2,9	2,2	6,1	6,8		
	60 - 100	4,7	1,7	2,1	5,5	4,4		
82	0 - 20	4,9	3,1	0,9	6,5	17,4		
	20 - 40	4,9	2,3	1,7	5,9	10,7		
	40 - 60	5,0	1,5	2,0	5,5	7,1		
	60 - 100	4,8	0,9	2,0	5,0	4,1		

**Quadro 3.** Características químicas e físico-químicas de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *P. taeda* de diferentes idades, nas regiões centro-oeste, sudeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profundidade (cm)	pH em H <sub>2</sub> O	M.O.S. (dag/kg)	Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	(H + Al)	P-rem (mg/L)
Centro-oeste	38	0 - 20	4,7	0,7	0,8	2,0	50,5
		20 - 40	4,4	0,4	0,7	1,6	49,2
		40 - 60	4,6	0,2	0,8	0,8	49,7
		60 - 100	4,8	0,0	0,5	0,8	51,2
	99	0 - 20	4,7	0,2	0,5	1,2	51,0
		20 - 40	4,8	0,3	0,7	1,2	50,1
		40 - 60	4,5	0,3	0,7	1,2	49,4
		60 - 100	4,6	0,2	0,5	0,7	50,1
	175	0 - 20	4,4	0,6	1,0	1,6	49,6
		20 - 40	4,4	0,2	0,7	1,2	49,9
		40 - 60	4,5	0,2	0,7	1,0	49,5
		60 - 100	4,7	0,2	0,4	0,7	49,6
Sudeste	44	0 - 20	4,6	1,8	1,2	3,2	33,8
		20 - 40	4,6	1,2	1,8	3,2	31,7
		40 - 60	5,1	0,7	3,4	4,0	17,8
		60 - 100	5,3	0,6	3,1	4,8	11,9
	84	0 - 20	4,7	1,3	1,1	3,4	33,2
		20 - 40	5,0	0,9	1,5	3,0	27,5
		40 - 60	5,2	0,7	2,9	3,6	12,8
		60 - 100	5,5	0,6	4,7	5,5	5,8
	177	0 - 20	4,8	1,3	0,8	2,6	42,3
		20 - 40	4,8	1,0	1,2	2,6	37,0
		40 - 60	5,2	0,7	1,7	2,8	32,2
		60 - 100	5,4	0,5	0,9	2,0	33,5
Nordeste	48	0 - 20	4,5	3,5	2,8	7,5	8,2
		20 - 40	4,6	2,7	3,0	6,7	7,6
		40 - 60	4,9	1,6	2,9	5,3	5,0
		60 - 100	5,1	0,8	2,5	5,0	3,5
	84	0 - 20	4,9	3,1	1,1	6,1	21,3
		20 - 40	5,0	2,2	1,6	5,5	15,4
		40 - 60	5,0	1,3	2,0	4,4	11,1
		60 - 100	5,1	0,9	2,0	4,0	6,0
	144	0 - 20	4,6	2,9	1,4	6,1	19,8
		20 - 40	4,8	2,1	1,6	5,3	16,4
		40 - 60	4,8	1,7	1,8	4,6	11,9
		60 - 100	4,8	1,3	1,7	4,0	8,4

**Quadro 4.** Características químicas e físico-químicas de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) de diferentes idades, nas regiões sudoeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profundidade (cm)	pH em H <sub>2</sub> O	M.O.S. (dag/kg)	Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	(H + Al)	P-rem (mg/L)
Sudoeste	46	0 - 20	4,4	2,5	0,8	5,9	34,6
		20 - 40	4,5	0,6	0,9	1,8	45,0
		40 - 60	4,5	0,4	0,9	1,2	49,4
		60 - 100	4,8	0,3	0,4	0,5	53,9
	104	0 - 20	5,0	0,6	0,3	1,2	48,5
		20 - 40	4,7	0,0	0,4	0,7	50,8
		40 - 60	4,7	0,2	0,2	0,3	54,4
		60 - 100	5,7	0,1	0,1	0,1	58,2
	156	0 - 20	4,4	0,6	0,8	1,8	45,9
		20 - 40	4,6	0,3	0,7	1,0	47,2
		40 - 60	4,5	0,1	0,5	0,7	51,7
		60 - 100	5,5	0,0	0,1	0,1	57,7
	156	0 - 20	4,1	1,4	0,9	3,2	39,4
		20 - 40	4,3	1,3	0,8	2,8	41,7
		40 - 60	4,5	0,6	0,7	1,4	47,5
		60 - 100	4,6	0,6	0,4	1,0	48,8
Nordeste	47	0 - 20	4,4	4,4	3,0	8,3	15,0
		20 - 40	4,5	2,3	3,7	6,5	11,2
		40 - 60	4,8	1,7	4,2	6,7	6,4
		60 - 100	5,1	0,9	4,7	6,3	5,4
	84	0 - 20	4,8	2,3	1,0	4,2	25,9
		20 - 40	4,5	0,9	2,3	4,2	23,1
		40 - 60	4,5	0,6	2,4	3,6	26,2
		60 - 100	4,8	0,6	2,4	3,4	20,3
	144	0 - 20	4,7	2,7	1,8	5,5	19,9
		20 - 40	4,7	1,6	3,0	5,3	14,4
		40 - 60	4,8	0,9	4,1	5,5	10,0
		60 - 100	5,0	0,6	2,8	4,8	11,9

**Quadro 5.** Teores de macronutrientes e Na de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *E. grandis* (seminal) de diferentes idades, nas regiões sudeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profund. (cm)	P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	Na
			Mehlich-1 (mg/dm <sup>3</sup> )	KCl 1 mol/L (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Turbid. (mg/dm <sup>3</sup> )	Bray-1 (mg/kg)	Acetato de amonio 1 N a pH 7 (meq/100 g ou cmol <sub>c</sub> /kg)					
Sudeste	21	0 - 20	7,5	35,9	2,9	1,5	5,9	2,9	0,09	3,27	0,78	0,05
		20 - 40	2,5	27,9	1,1	0,9	4,8	1,7	0,06	1,22	0,46	0,04
		40 - 60	1,6	19,9	1,5	1,6	3,0	0,9	0,05	1,50	0,81	0,03
		60 - 80	0,9	24,9	4,4	1,7	3,2	0,2	0,08	4,56	1,45	0,06
		80 - 100	0,6	28,9	5,0	2,0	4,6	0,1	0,11	5,98	1,96	0,07
	21	0 - 20	2,9	38,9	1,7	1,1	2,9	1,7	0,08	1,68	0,52	0,03
		20 - 40	1,6	23,9	1,2	1,2	2,1	1,0	0,06	1,20	0,60	0,03
		40 - 60	1,0	22,9	3,0	2,0	2,1	0,4	0,06	3,12	1,00	0,04
		60 - 80	0,6	28,9	5,0	1,9	2,2	0,0	0,10	5,85	1,83	0,07
		80 - 100	0,4	32,9	5,2	2,2	3,7	0,0	0,12	5,98	2,12	0,08
	69	0 - 20	3,3	21,9	3,6	1,9	3,9	2,6	0,05	3,95	0,97	0,06
		20 - 40	1,9	14,9	3,9	2,2	2,2	2,8	0,04	4,42	1,17	0,10
		40 - 60	1,1	22,9	9,3	2,9	5,7	0,6	0,07	9,58	2,50	0,32
		60 - 100	0,8	30,9	12,3	4,0	5,4	0,2	0,10	12,98	2,86	0,49
		0 - 20	2,3	19,9	0,2	0,4	3,3	1,5	0,04	0,21	0,22	0,02
	192	20 - 40	1,2	11,9	0,2	0,5	2,0	0,3	0,02	0,25	0,22	0,02
		40 - 60	0,8	12,9	1,0	1,1	2,1	0,0	0,03	1,05	0,52	0,03
		60 - 80	0,6	26,9	3,3	1,9	3,1	0,0	0,09	3,53	1,59	0,10
		80 - 100	0,4	34,9	4,5	2,6	1,9	0,0	0,13	5,16	2,51	0,08
		0 - 20	2,2	60,8	2,8	2,1	3,3	1,2	0,19	3,25	1,20	0,03
9	20 - 40	0,6	14,9	1,8	0,9	1,3	0,2	0,05	2,01	0,52	0,02	
	40 - 60	0,9	49,9	1,8	1,4	2,6	0,2	0,09	2,12	0,81	0,03	
	60 - 100	0,7	9,9	1,5	0,8	1,3	0,2	0,04	1,89	0,45	0,02	
	0 - 20	2,1	27,9	4,0	1,4	2,5	0,6	0,08	3,76	1,28	0,03	
	20 - 40	1,3	21,9	2,9	1,8	2,3	1,0	0,07	3,34	1,04	0,03	
21	40 - 60	0,8	13,9	2,1	1,2	1,3	0,2	0,05	2,41	0,66	0,02	
	60 - 100	0,6	8,9	1,7	0,8	1,1	0,1	0,03	2,07	0,47	0,01	
	0 - 20	2,6	54,8	2,2	1,9	2,9	1,1	0,18	2,54	1,10	0,04	
	20 - 40	1,2	26,9	1,9	1,7	2,4	0,1	0,09	2,11	0,95	0,04	
	40 - 60	0,8	18,9	1,8	1,3	1,5	0,0	0,07	2,05	0,73	0,03	
33	60 - 100	0,6	10,9	1,5	0,9	0,5	0,0	0,04	1,81	0,53	0,03	
	0 - 20	21,4	91,7	3,7	1,4	2,6	10,2	0,29	3,79	1,27	0,03	
	20 - 40	2,3	38,9	2,1	1,7	1,8	0,6	0,12	2,36	0,94	0,03	
	40 - 60	1,1	36,9	1,6	1,0	2,7	0,0	0,12	1,89	0,58	0,02	
	60 - 100	0,8	23,9	1,3	1,0	1,5	0,0	0,08	1,56	0,57	0,01	
57	0 - 20	1,4	37,9	2,8	2,0	2,8	0,3	0,12	3,23	1,09	0,03	
	20 - 40	0,9	14,9	2,0	1,3	2,2	0,0	0,05	2,29	0,70	0,03	
	40 - 60	0,6	12,9	1,8	1,1	1,5	0,0	0,04	2,16	0,61	0,03	
	60 - 100	0,6	8,9	1,9	0,9	0,9	0,0	0,03	2,39	0,53	0,02	
	0 - 20	1,4	37,9	2,8	2,0	2,8	0,3	0,12	3,23	1,09	0,03	
82	20 - 40	0,9	14,9	2,0	1,3	2,2	0,0	0,05	2,29	0,70	0,03	
	40 - 60	0,6	12,9	1,8	1,1	1,5	0,0	0,04	2,16	0,61	0,03	
	60 - 100	0,6	8,9	1,9	0,9	0,9	0,0	0,03	2,39	0,53	0,02	

**Quadro 6.** Teores de macronutrientes e Na de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *E. grandis* (clonal) de diferentes idades, nas regiões centro-oeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profund. (cm)	P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	Na	
			Mehlich-1 (mg/dm <sup>3</sup> )		KCl 1 mol/L (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		Turbid. (mg/dm <sup>3</sup> )	Bray-1 (mg/kg)	Acetato de amonio 1 N a pH 7 (meq/100 g ou cmol <sub>c</sub> /kg)				
Centro-oeste	31	0 - 20	8,0	11,9	0,1	0,1	3,6	5,6	0,02	0,09	0,03	0,04	
		20 - 40	5,6	7,9	0,1	0,1	3,0	3,3	0,01	0,08	0,02	0,01	
		40 - 60	4,2	5,9	0,1	0,1	3,1	2,6	0,00	0,09	0,01	0,01	
	32	60 - 100	3,6	4,9	0,1	0,1	2,4	2,4	0,00	0,07	0,01	0,01	
		0 - 20	14,2	12,9	0,1	0,1	3,2	11,2	0,02	0,05	0,03	0,04	
		20 - 40	12,1	5,9	0,0	0,0	1,9	9,9	0,01	0,04	0,01	0,01	
	Nordeste	9	40 - 60	6,8	4,0	0,1	0,0	2,0	6,3	0,00	0,05	0,00	0,01
			60 - 100	3,6	4,0	0,1	0,0	1,8	2,6	0,00	0,05	0,01	0,01
			0 - 20	3,0	59,8	3,6	2,1	3,0	1,6	0,18	3,96	1,13	0,01
21		20 - 40	1,0	29,9	2,0	1,6	1,9	0,3	0,09	3,33	1,24	0,02	
		40 - 60	0,7	16,9	1,9	1,2	1,6	0,2	0,05	2,30	0,67	0,02	
		60 - 100	0,8	10,9	1,6	1,0	1,3	0,1	0,04	2,07	0,57	0,03	
82		22	0 - 20	2,6	93,7	3,2	2,3	3,4	1,4	0,30	3,86	1,33	0,05
			20 - 40	1,2	48,9	1,6	1,7	2,4	0,0	0,15	1,92	0,94	0,04
			40 - 60	0,7	28,9	1,5	1,3	2,0	0,0	0,09	1,80	0,73	0,03
	33	60 - 100	0,7	19,9	1,7	1,0	1,1	0,0	0,07	2,07	0,59	0,03	
		0 - 20	3,0	40,9	3,0	2,1	2,0	1,9	0,13	3,37	1,18	0,03	
		20 - 40	1,4	21,9	2,6	1,8	1,6	0,3	0,08	4,39	1,47	0,03	
	57	40 - 60	0,8	10,9	2,1	1,4	1,6	0,0	0,04	2,48	0,75	0,03	
		60 - 100	0,8	8,9	2,1	1,2	1,3	0,0	0,04	2,46	0,65	0,03	
		0 - 20	1,8	43,9	2,5	2,1	2,6	0,6	0,14	2,72	1,11	0,03	
82	33	20 - 40	1,0	27,9	2,0	1,7	2,6	0,0	0,09	2,19	0,91	0,01	
		40 - 60	0,6	21,9	1,8	1,2	3,7	0,0	0,06	2,09	0,68	0,03	
		60 - 100	0,6	8,9	1,5	0,8	0,7	0,0	0,03	1,88	0,45	0,01	
82	57	0 - 20	16,4	101,7	2,8	1,9	3,5	14,6	0,33	3,32	1,01	0,05	
		20 - 40	4,3	72,8	1,9	1,5	3,5	2,1	0,22	2,30	0,84	0,03	
		40 - 60	1,6	62,8	1,1	1,0	4,6	0,0	0,19	1,44	0,62	0,04	
82	82	60 - 100	0,8	42,9	0,8	0,7	1,3	0,0	0,14	1,04	0,40	0,03	
		0 - 20	2,6	32,9	4,1	1,6	1,6	1,3	0,10	4,33	1,57	0,03	
		20 - 40	1,2	14,9	2,3	1,5	1,4	0,1	0,05	1,95	0,52	0,05	
82	82	40 - 60	0,6	8,9	1,6	0,9	2,3	0,0	0,03	2,75	0,86	0,05	
		60 - 100	0,6	6,9	1,5	0,7	1,7	0,0	0,03	1,83	0,38	0,05	

**Quadro 7.** Teores de macronutrientes e Na de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *P. taeda* de diferentes idades, nas regiões centro-oeste, sudeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profund. (cm)	P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	Na
			Mehlich-1 (mg/dm <sup>3</sup> )	KCl 1 mol/L (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Turbid. (mg/dm <sup>3</sup> )	Bray-1 (mg/kg)	Acetato de amonio 1 N a pH 7 (meq/100 g ou cmol <sub>c</sub> /kg)					
Centro-oeste	38	0 - 20	20,2	18,9	0,40	0,14	9,7	13,1	0,03	0,37	0,05	0,01
		20 - 40	9,1	12,9	0,16	0,06	3,4	7,7	0,02	0,13	0,01	0,01
		40 - 60	3,6	7,9	0,10	0,04	3,8	3,0	0,01	0,08	0,01	0,01
		60 - 100	3,0	6,9	0,10	0,04	2,0	2,5	0,01	0,08	0,01	0,02
	99	0 - 20	10,1	13,9	0,19	0,12	2,3	7,8	0,02	0,14	0,04	0,02
		20 - 40	4,3	7,9	0,10	0,06	3,9	3,4	0,01	0,09	0,01	0,02
		40 - 60	4,4	6,9	0,09	0,05	5,4	4,0	0,01	0,06	0,01	0,03
		60 - 100	4,1	4,9	0,10	0,04	2,8	3,6	0,00	0,07	0,01	0,01
	175	0 - 20	5,3	12,9	0,16	0,09	2,4	4,0	0,03	0,12	0,03	0,03
		20 - 40	4,9	11,9	0,11	0,05	2,2	3,7	0,02	0,10	0,01	0,02
		40 - 60	3,8	7,9	0,07	0,04	2,3	2,9	0,01	0,10	0,01	0,01
		60 - 100	3,0	8,9	0,08	0,04	2,0	2,6	0,01	0,10	0,01	0,02
Sudeste	44	0 - 20	3,3	19,9	2,21	1,14	6,1	2,7	0,05	2,39	0,58	0,09
		20 - 40	2,1	13,9	1,90	0,68	2,9	1,8	0,03	2,00	0,32	0,06
		40 - 60	1,0	15,9	2,79	1,38	2,8	0,4	0,05	2,81	0,62	0,10
		60 - 100	0,8	23,9	4,85	1,81	3,0	0,3	0,08	5,13	1,59	0,16
	84	0 - 20	2,8	11,9	0,97	0,17	4,4	1,7	0,03	0,95	0,07	0,08
		20 - 40	1,8	6,9	0,81	0,08	8,2	1,2	0,01	0,76	0,02	0,07
		40 - 60	0,9	5,9	0,55	0,07	1,9	0,6	0,01	0,48	0,02	0,11
		60 - 100	0,6	13,9	1,26	0,40	3,1	0,0	0,04	1,23	0,18	0,19
	177	0 - 20	3,0	15,9	2,75	1,84	2,7	2,9	0,03	3,83	1,13	0,08
		20 - 40	2,5	12,9	3,62	2,24	2,1	2,3	0,04	4,01	1,16	0,08
		40 - 60	1,8	14,9	4,76	1,83	1,9	1,4	0,04	5,51	1,69	0,12
		60 - 100	1,4	18,9	8,11	3,23	1,7	0,9	0,05	7,47	2,56	0,21
Nordeste	48	0 - 20	2,2	16,9	0,40	0,24	5,4	0,7	0,05	0,42	0,11	0,05
		20 - 40	1,2	9,9	0,25	0,11	43,0	0,0	0,03	0,26	0,04	0,03
		40 - 60	0,9	6,9	0,21	0,09	17,6	0,0	0,02	0,20	0,03	0,02
		60 - 100	1,7	4,9	0,31	0,17	2,4	0,0	0,02	3,98	1,10	0,03
	84	0 - 20	3,2	19,9	3,39	1,99	12,2	2,2	0,06	3,92	1,09	0,03
		20 - 40	1,7	10,9	2,97	1,53	3,1	0,6	0,04	3,44	0,82	0,03
		40 - 60	0,8	7,9	2,28	0,94	2,6	0,0	0,03	2,83	0,52	0,02
		60 - 100	1,0	7,9	2,23	0,77	1,6	0,0	0,04	3,08	0,48	0,03
	144	0 - 20	2,5	41,9	2,79	2,07	4,7	2,4	0,13	3,23	1,16	0,03
		20 - 40	1,4	18,9	2,55	1,50	4,0	0,6	0,07	2,99	0,83	0,04
		40 - 60	0,8	12,9	2,27	1,22	3,3	0,0	0,04	2,69	0,66	0,04
		60 - 100	0,5	12,9	2,35	1,21	2,2	0,0	0,05	2,94	0,70	0,03

**Quadro 8.** Teores de macronutrientes e Na de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) de diferentes idades, nas regiões sudoeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profund. (cm)	P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	Na
			Mehlich-1 (mg/dm <sup>3</sup> )		KCl 1 mol/L (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		Turbid. (mg/dm <sup>3</sup> )	Bray-1 (mg/kg)	Acetato de amonio 1 N a pH 7 (meq/100 g ou cmol <sub>c</sub> /kg)			
Sudoeste	46	0 - 20	4,6	17,9	1,00	0,28	8,0	3,1	0,04	1,00	0,13	0,03
		20 - 40	3,3	8,9	0,19	0,06	5,3	2,1	0,02	0,18	0,01	0,02
		40 - 60	2,2	7,9	0,11	0,04	4,5	1,2	0,01	0,12	0,01	0,02
		60 - 100	1,4	7,9	0,09	0,03	3,2	0,6	0,01	0,11	0,00	0,02
	104	0 - 20	3,1	39,9	0,51	0,18	3,8	1,6	0,07	0,49	0,07	0,03
		20 - 40	2,1	29,9	0,41	0,12	3,6	0,7	0,05	0,41	0,05	0,01
		40 - 60	1,6	13,9	0,51	0,08	3,7	0,4	0,02	0,44	0,02	0,02
		60 - 100	1,0	9,9	0,43	0,04	2,9	0,9	0,02	0,34	0,01	0,04
	156	0 - 20	3,6	15,9	0,36	0,08	5,2	2,3	0,03	0,31	0,02	0,02
		20 - 40	1,7	8,9	0,24	0,04	3,8	0,5	0,01	0,24	0,01	0,01
		40 - 60	1,2	9,9	0,35	0,04	3,2	0,4	0,01	0,31	0,01	0,03
		60 - 100	0,8	6,9	0,22	0,02	2,5	0,7	0,00	0,20	0,00	0,03
156	0 - 20	6,1	16,9	0,30	0,11	7,5	4,4	0,03	0,32	0,04	0,03	
	20 - 40	4,4	12,9	0,48	0,07	7,1	2,2	0,02	0,49	0,04	0,04	
	40 - 60	3,5	8,9	0,37	0,05	5,3	1,9	0,02	0,34	0,01	0,03	
	60 - 100	2,4	8,9	0,40	0,04	4,3	0,9	0,01	0,35	0,01	0,03	
Nordeste	47	0 - 20	3,6	26,9	1,47	0,62	5,7	3,1	0,09	1,89	0,36	0,08
		20 - 40	1,8	13,9	0,68	0,30	3,8	1,2	0,04	0,76	0,15	0,06
		40 - 60	1,1	11,9	0,50	0,22	1,8	0,2	0,04	0,54	0,10	0,03
		60 - 100	1,2	11,9	0,92	0,58	1,3	0,0	0,05	1,05	0,30	0,05
	84	0 - 20	5,3	12,9	1,57	0,59	6,1	2,4	0,03	1,45	0,26	0,06
		20 - 40	3,4	6,9	0,40	0,17	3,8	1,4	0,01	0,36	0,06	0,03
		40 - 60	1,8	5,9	0,32	0,11	3,1	0,7	0,01	0,26	0,02	0,02
		60 - 100	1,0	10,9	0,73	0,24	2,9	0,1	0,02	0,66	0,09	0,05
	144	0 - 20	3,2	23,9	3,24	1,97	4,1	3,1	0,08	4,07	1,13	0,07
		20 - 40	1,4	11,9	2,28	1,05	2,3	0,7	0,04	2,64	0,57	0,05
		40 - 60	0,9	19,9	4,24	1,44	2,4	0,0	0,06	4,23	1,21	0,07
		60 - 100	0,7	23,9	6,07	2,25	2,5	0,0	0,08	5,56	1,81	0,07

**Quadro 9.** Teores de micronutrientes de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *E. grandis* (seminal) de diferentes idades, nas regiões sudeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profundidade (cm)	Fe	Zn Mehlich - 1 (mg/dm <sup>3</sup> )	Mn	Cu	B CaCl <sub>2</sub> 5 mmol/L (mg/dm <sup>3</sup> )
Sudeste	21	0 - 20	224,6	2,7	288,8	1,8	0,3
		20 - 40	247,5	1,3	160,5	2,7	0,3
		40 - 60	184,1	0,6	105,4	3,0	0,3
		60 - 80	178,3	0,6	35,4	3,6	0,2
		80 - 100	119,9	0,5	13,1	3,2	0,1
	21	0 - 20	196,4	1,3	165,6	1,9	0,2
		20 - 40	167,0	0,9	81,1	3,0	0,2
		40 - 60	166,2	0,9	54,2	3,6	0,2
		60 - 80	119,0	0,6	13,7	3,4	0,2
		80 - 100	84,9	0,8	8,4	3,2	0,2
	69	0 - 20	325,6	0,9	214,4	2,4	0,2
		20 - 40	187,0	1,0	52,4	3,5	0,2
		40 - 60	94,7	1,1	37,0	3,5	0,1
		60 - 100	67,5	0,9	41,8	3,0	0,2
		0 - 20	812,5	1,1	37,0	2,2	0,2
	192	20 - 40	612,2	0,6	22,3	2,1	0,2
		40 - 60	339,7	0,3	16,1	2,5	0,2
		60 - 80	178,4	0,5	17,5	3,4	0,3
		80 - 100	147,5	0,7	11,9	3,4	0,3
		0 - 20	85,0	1,4	290,3	11,7	0,5
9	20 - 40	68,9	0,3	39,6	8,0	0,3	
	40 - 60	69,4	0,7	148,1	10,3	0,3	
	60 - 100	75,0	0,2	24,2	5,5	0,2	
	0 - 20	63,1	1,0	440,6	13,8	0,2	
	20 - 40	53,8	0,7	330,2	13,2	0,4	
21	40 - 60	53,2	0,3	161,9	10,4	0,4	
	60 - 100	66,7	0,2	57,0	7,2	0,2	
	0 - 20	95,1	1,1	187,5	9,7	0,5	
	20 - 40	48,3	0,4	47,6	8,7	0,3	
	40 - 60	41,8	0,3	25,7	6,9	0,3	
33	60 - 100	51,3	0,2	9,0	4,6	0,2	
	0 - 20	70,6	2,0	165,0	9,2	0,3	
	20 - 40	52,4	0,5	46,2	8,5	0,2	
	40 - 60	56,9	0,2	15,2	5,3	0,2	
	60 - 100	57,5	0,2	17,6	5,2	0,1	
57	0 - 20	58,2	1,2	435,3	12,8	0,5	
	20 - 40	53,7	0,4	263,5	11,1	0,4	
	40 - 60	57,0	0,3	68,7	7,2	0,2	
	60 - 100	67,6	0,2	42,4	4,9	0,1	
	0 - 20	58,2	1,2	435,3	12,8	0,5	
82	20 - 40	53,7	0,4	263,5	11,1	0,4	
	40 - 60	57,0	0,3	68,7	7,2	0,2	
	60 - 100	67,6	0,2	42,4	4,9	0,1	

**Quadro 10.** Teores de micronutrientes de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *E. grandis* (clonal) de diferentes idades, nas regiões centro-oeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profundidade (cm)	Fe	Zn Mehlich - 1 (mg/dm <sup>3</sup> )	Mn	Cu	B CaCl <sub>2</sub> 5 mmol/L (mg/dm <sup>3</sup> )	
Centro-oeste	31	0 - 20	306,5	0,5	16,2	0,9	0,3	
		20 - 40	442,4	0,6	12,9	1,0	0,3	
		40 - 60	342,1	0,4	5,1	1,1	0,2	
		60 - 100	125,0	0,5	2,8	0,6	0,2	
	32	0 - 20	219,3	1,2	1,3	1,4	0,2	
		20 - 40	202,3	0,5	1,1	0,8	0,2	
		40 - 60	72,1	0,3	0,3	0,6	0,2	
		60 - 100	59,6	0,6	0,6	0,5	0,2	
	Nordeste	9	0 - 20	55,4	1,1	293,7	10,2	0,5
			20 - 40	53,9	0,4	155,6	9,0	0,4
			40 - 60	56,2	0,3	50,7	6,9	0,3
			60 - 100	69,4	0,1	32,2	4,8	0,3
21		0 - 20	66,1	1,3	344,3	11,1	0,5	
		20 - 40	58,0	0,5	209,6	10,4	0,5	
		40 - 60	56,3	0,4	57,7	8,1	0,3	
		60 - 100	67,2	0,2	28,7	5,5	0,2	
22		0 - 20	42,8	0,8	205,7	7,8	0,5	
		20 - 40	40,5	0,5	56,8	7,5	0,4	
		40 - 60	40,5	0,2	20,0	6,1	0,3	
		60 - 100	56,0	0,4	14,0	4,9	0,2	
33	0 - 20	104,3	1,1	302,3	12,6	0,6		
	20 - 40	59,5	0,5	172,2	10,0	0,5		
	40 - 60	52,6	0,3	45,9	7,4	0,3		
	60 - 100	60,4	0,2	21,2	4,6	0,2		
57	0 - 20	74,3	2,4	211,1	9,0	0,9		
	20 - 40	49,7	0,5	55,6	8,3	0,2		
	40 - 60	46,1	0,3	17,2	6,3	0,2		
	60 - 100	49,6	0,3	11,7	4,7	0,2		
82	0 - 20	44,3	0,8	193,8	11,7	0,4		
	20 - 40	47,9	0,3	66,1	10,3	0,3		
	40 - 60	52,4	0,2	22,1	6,9	0,2		
	60 - 100	60,1	0,2	16,1	5,1	0,3		

**Quadro 11.** Teores de micronutrientes de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *P. taeda* de diferentes idades, nas regiões centro-oeste, sudeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profundidade (cm)	Fe	Zn Mehlich - 1 (mg/dm <sup>3</sup> )	Mn	Cu	B CaCl <sub>2</sub> 5 mmol/L (mg/dm <sup>3</sup> )
Centro-oeste	38	0 - 20	121,5	0,6	14,69	0,39	0,2
		20 - 40	51,8	0,5	1,47	0,44	0,2
		40 - 60	18,3	0,1	1,01	0,49	0,2
		60 - 100	22,1	0,1	2,04	0,60	0,0
	99	0 - 20	47,0	0,3	15,38	0,40	0,2
		20 - 40	42,7	0,1	6,45	0,42	0,2
		40 - 60	15,3	0,1	2,17	0,41	0,2
		60 - 100	9,9	0,1	0,59	0,37	0,2
	175	0 - 20	34,8	0,4	3,43	0,69	0,2
		20 - 40	36,3	0,3	2,20	0,39	0,2
		40 - 60	16,1	0,2	0,70	0,46	0,1
		60 - 100	8,7	0,2	0,32	0,46	0,1
Sudeste	44	0 - 20	419,3	0,7	196,55	1,93	0,3
		20 - 40	294,7	0,5	53,62	1,94	0,3
		40 - 60	211,4	0,5	21,11	2,02	0,3
		60 - 100	108,3	0,7	60,16	2,82	0,2
	84	0 - 20	606,0	0,6	224,95	1,98	0,2
		20 - 40	476,7	0,3	81,04	1,40	0,3
		40 - 60	300,7	0,2	18,12	1,11	0,2
		60 - 100	90,8	0,4	30,82	1,32	0,3
	177	0 - 20	285,3	0,7	126,65	2,43	0,2
		20 - 40	191,0	0,4	62,55	2,29	0,2
		40 - 60	154,2	0,4	28,91	2,30	0,2
		60 - 100	89,1	0,7	27,31	2,63	0,3
Nordeste	48	0 - 20	626,7	0,7	346,95	6,40	0,4
		20 - 40	576,7	0,4	77,80	5,62	0,3
		40 - 60	41,4	0,3	32,47	3,32	0,2
		60 - 100	21,3	0,4	16,30	2,55	0,2
	84	0 - 20	45,4	1,2	369,95	9,02	0,5
		20 - 40	40,5	0,5	162,65	8,81	0,4
		40 - 60	45,2	0,3	49,08	6,05	0,4
		60 - 100	565,9	0,3	27,75	3,83	0,3
	144	0 - 20	97,3	1,5	305,65	7,16	0,5
		20 - 40	73,6	0,6	226,25	7,72	0,3
		40 - 60	57,5	0,4	82,20	6,25	0,3
		60 - 100	69,4	0,2	37,80	4,31	0,3

**Quadro 12.** Teores de micronutrientes de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) de diferentes idades, nas regiões sudoeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profundidade (cm)	Fe	Zn Mehlich - 1 (mg/dm <sup>3</sup> )	Mn	Cu	B CaCl <sub>2</sub> 5 mmol/L (mg/dm <sup>3</sup> )
Sudoeste	46	0 - 20	920,9	1,1	29,34	0,62	0,3
		20 - 40	411,4	0,2	2,71	0,57	0,2
		40 - 60	243,0	0,1	1,07	0,54	0,3
		60 - 100	100,8	0,1	0,71	0,42	0,1
	104	0 - 20	242,4	0,3	60,97	0,71	0,1
		20 - 40	212,3	0,2	47,45	1,01	0,1
		40 - 60	204,4	0,2	29,32	0,78	0,1
		60 - 100	70,8	0,1	11,95	0,33	0,0
	156	0 - 20	469,9	0,2	11,37	0,55	0,1
		20 - 40	344,8	0,2	0,90	0,39	0,1
		40 - 60	222,7	0,1	2,71	0,32	0,1
		60 - 100	40,3	0,0	2,21	0,18	0,0
	156	0 - 20	756,0	0,8	40,43	0,92	0,1
		20 - 40	776,8	0,4	64,16	0,72	0,2
		40 - 60	422,6	0,3	12,03	0,72	0,1
		60 - 100	234,1	0,2	4,88	0,45	0,1
Nordeste	47	0 - 20	63,7	1,0	145,45	5,19	0,5
		20 - 40	5,6	0,7	30,91	4,71	0,3
		40 - 60	107,7	0,8	12,30	3,29	0,2
		60 - 100	63,3	0,8	6,55	2,69	0,2
	84	0 - 20	903,2	0,9	142,55	1,65	0,3
		20 - 40	781,2	0,6	5,89	2,05	0,3
		40 - 60	572,2	0,5	1,98	1,61	0,2
		60 - 100	332,1	1,0	2,20	2,31	0,1
144	0 - 20	129,8	2,2	219,85	8,83	0,3	
	20 - 40	105,8	1,5	38,44	9,21	0,2	
	40 - 60	57,5	1,6	54,12	8,76	0,3	
	60 - 100	117,9	1,6	154,35	7,12	0,2	

**Quadro 13.** Análise granulométrica e densidade do solo de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *E. grandis* (seminal) de diferentes idades, nas regiões sudeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profund. (cm)	Análise granulométrica				Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	
			Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte Argila		
			dag/kg (%)					
Sudeste	21	0 - 20	66,2	12,4	78,6	9,4	12,1	1,59
		20 - 40	63,6	12,4	76,0	11,1	12,9	1,64
		40 - 60	54,5	14,9	69,4	12,7	17,8	
		60 - 80	48,9	11,6	60,6	11,6	27,8	
		80 - 100	45,2	10,4	55,6	8,8	35,6	
	21	0 - 20	66,5	11,5	78,0	9,8	12,2	
		20 - 40	58,9	14,8	73,7	10,6	15,7	
		40 - 60	53,4	13,1	66,5	12,2	21,3	
		60 - 80	43,8	10,6	54,4	11,0	34,6	
		80 - 100	43,5	8,8	52,3	8,6	39,1	
	69	0 - 20	49,4	6,1	55,5	27,7	16,8	1,58
		20 - 40	48,4	5,9	54,3	26,7	18,9	1,63
		40 - 60	39,4	6,8	46,2	25,0	28,8	
		60 - 100	36,4	5,2	41,6	26,4	32,0	
		0 - 20	69,2	6,7	75,9	14,4	9,7	1,56
	192	20 - 40	71,7	8,0	79,7	10,5	9,8	1,59
		40 - 60	67,6	7,3	74,9	9,6	15,5	
		60 - 80	54,1	5,3	59,3	8,5	32,2	
		80 - 100	42,7	5,8	48,6	8,1	43,3	
		0 - 20	2,6	2,5	5,1	23,5	71,4	1,19
9	20 - 40	2,8	1,9	4,7	17,2	78,1	1,09	
	40 - 60	2,2	2,1	4,3	20,7	75,0		
	60 - 100	2,7	1,9	4,6	16,2	79,2		
	0 - 20	2,6	3,0	5,6	22,6	71,8	1,32	
	20 - 40	2,5	3,1	5,6	21,0	73,4	1,14	
21	40 - 60	2,2	2,8	5,1	18,2	76,7		
	60 - 100	2,5	2,3	4,8	16,3	79,0		
	0 - 20	2,8	2,1	4,9	25,9	69,1	1,14	
	20 - 40	2,9	1,9	4,9	22,7	72,5	1,05	
	40 - 60	3,0	1,8	4,8	21,8	73,4		
33	60 - 100	2,0	1,5	3,5	15,2	81,3		
	0 - 20	4,1	2,4	6,5	18,8	74,7	1,37	
	20 - 40	3,5	1,8	5,3	18,1	76,6	1,21	
	40 - 60	3,3	1,5	4,7	15,0	80,3		
	60 - 100	3,4	1,6	4,9	8,7	86,4		
57	0 - 20	3,1	2,6	5,6	28,7	65,6	1,18	
	20 - 40	2,6	1,9	4,5	25,4	70,1	1,22	
	40 - 60	2,7	1,6	4,3	21,1	74,7		
	60 - 100	2,6	1,5	4,1	18,7	77,1		
	0 - 20	3,1	2,6	5,6	28,7	65,6	1,18	
82	20 - 40	2,6	1,9	4,5	25,4	70,1	1,22	
	40 - 60	2,7	1,6	4,3	21,1	74,7		
	60 - 100	2,6	1,5	4,1	18,7	77,1		
	0 - 20	3,1	2,6	5,6	28,7	65,6	1,18	
	20 - 40	2,6	1,9	4,5	25,4	70,1	1,22	
Nordeste	33	40 - 60	3,0	1,8	4,8	21,8	73,4	
		60 - 100	2,0	1,5	3,5	15,2	81,3	
		0 - 20	4,1	2,4	6,5	18,8	74,7	1,37
		20 - 40	3,5	1,8	5,3	18,1	76,6	1,21
		40 - 60	3,3	1,5	4,7	15,0	80,3	
57	60 - 100	3,4	1,6	4,9	8,7	86,4		
	0 - 20	3,1	2,6	5,6	28,7	65,6	1,18	
	20 - 40	2,6	1,9	4,5	25,4	70,1	1,22	
	40 - 60	2,7	1,6	4,3	21,1	74,7		
	60 - 100	2,6	1,5	4,1	18,7	77,1		

**Quadro 14.** Análise granulométrica e densidade do solo de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *E. grandis* (clonal) de diferentes idades, nas regiões centro-oeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profund. (cm)	Análise granulométrica				Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	
			Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte Argila		
			dag/kg (%)					
Centro-oeste	31	0 - 20	48,1	42,2	90,2	3,4	6,4	1,50
		20 - 40	50,5	41,2	91,7	2,2	6,1	1,55
		40 - 60	49,7	42,5	92,1	2,4	5,4	
		60 - 100	50,0	43,8	93,7	1,6	4,7	
	32	0 - 20	39,5	51,6	91,0	1,1	7,9	1,64
		20 - 40	38,6	51,6	90,2	5,2	4,7	1,55
		40 - 60	42,4	50,3	92,6	2,6	4,7	
		60 - 100	49,8	45,0	94,8	0,1	5,1	
Nordeste	9	0 - 20	3,1	2,9	5,9	18,7	75,4	1,26
		20 - 40	2,1	2,6	4,7	16,5	78,8	1,21
		40 - 60	2,1	2,2	4,3	14,2	81,5	
		60 - 100	1,1	2,0	3,1	12,3	84,6	
	21	0 - 20	2,5	2,9	5,4	24,2	70,3	1,15
		20 - 40	1,8	2,3	4,1	24,5	71,4	1,19
		40 - 60	2,5	1,8	4,3	19,4	76,3	
		60 - 100	1,9	1,6	3,5	17,5	79,0	
22	0 - 20	2,4	1,7	4,1	23,6	72,3	1,18	
	20 - 40	2,7	1,4	4,1	20,8	75,1	1,22	
	40 - 60	1,9	1,2	3,1	20,2	76,7		
	60 - 100	1,5	0,9	2,5	15,4	82,1		
Nordeste	33	0 - 20	3,0	2,1	5,1	26,5	68,4	1,08
		20 - 40	2,3	1,9	4,3	23,8	72,0	1,21
		40 - 60	2,5	1,7	4,2	18,1	77,7	
		60 - 100	3,7	1,1	4,8	14,6	80,6	
	57	0 - 20	3,8	2,4	6,3	19,3	74,5	1,25
		20 - 40	3,8	2,1	5,9	18,1	75,9	1,15
		40 - 60	3,3	1,7	5,0	15,0	80,0	
		60 - 100	3,1	1,6	4,7	12,9	82,5	
82	0 - 20	2,8	3,0	5,8	26,0	68,2	1,31	
	20 - 40	3,0	2,8	5,8	21,4	72,9	1,17	
	40 - 60	2,6	2,1	4,7	15,2	80,1		
	60 - 100	2,5	2,1	4,6	12,1	83,3		

**Quadro 15.** Análise granulométrica e densidade do solo de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de *P. taeda* de diferentes idades, nas regiões centro-oeste, sudeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profund. (cm)	Análise granulométrica				Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	
			Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte Argila		
			dag/kg (%)					
Centro-oeste	38	0 - 20	61,9	31,4	93,3	0,5	6,2	1,38
		20 - 40	58,4	35,2	93,6	1,1	5,3	1,51
		40 - 60	53,9	39,7	93,6	1,7	4,7	
		60 - 100	59,1	34,9	94,0	0,7	5,3	
	99	0 - 20	63,6	31,4	95,0	0,2	4,8	1,34
		20 - 40	65,6	25,0	90,6	4,6	4,9	1,38
		40 - 60	61,2	32,0	93,2	1,8	5,0	
		60 - 100	61,3	30,1	91,4	4,2	4,4	
	175	0 - 20	65,9	27,2	93,1	1,8	5,1	1,37
		20 - 40	65,8	28,4	94,2	0,3	5,5	1,51
		40 - 60	63,5	29,6	93,1	1,8	5,1	
		60 - 100	65,6	29,6	95,2	1,0	3,9	
Sudeste	44	0 - 20	35,0	7,4	42,4	41,9	15,8	1,47
		20 - 40	33,6	10,2	43,8	40,6	15,6	1,64
		40 - 60	34,6	7,5	42,0	37,1	20,9	
		60 - 100	28,7	8,6	37,2	35,3	27,4	
	84	0 - 20	54,2	10,2	64,3	25,8	9,9	1,58
		20 - 40	53,0	10,1	63,0	24,8	12,2	1,42
		40 - 60	49,8	9,4	59,2	25,3	15,4	
		60 - 100	35,6	12,4	48,0	26,0	26,0	
177	0 - 20	30,0	8,4	38,3	45,1	16,6	1,53	
	20 - 40	25,7	10,2	35,9	45,9	18,3	1,59	
	40 - 60	26,0	9,4	35,3	42,3	22,3		
	60 - 100	23,6	8,0	31,6	43,2	25,2		
Nordeste	48	0 - 20	13,1	2,9	15,9	43,6	40,5	1,16
		20 - 40	11,5	2,8	14,3	44,9	40,8	1,57
		40 - 60	16,8	2,1	18,9	34,1	47,0	
		60 - 100	13,9	2,0	15,9	32,4	51,7	
	84	0 - 20	5,5	3,0	8,5	48,1	43,4	1,31
		20 - 40	5,5	2,8	8,3	44,9	46,8	1,38
		40 - 60	9,9	2,2	12,1	33,8	54,1	
		60 - 100	9,1	1,7	10,8	27,5	61,7	
144	0 - 20	4,4	4,5	8,9	38,9	52,1	1,38	
	20 - 40	4,0	4,5	8,5	39,0	52,5	1,34	
	40 - 60	3,7	4,1	7,8	32,0	60,2		
	60 - 100	3,6	3,2	6,9	25,9	67,2		

**Quadro 16.** Análise granulométrica e densidade do solo de perfis de solos (até 1 m) sob plantios de Pino híbrido (*P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) de diferentes idades, nas regiões sudoeste e nordeste de Corrientes

Região	Idade (meses)	Profund. (cm)	Análise granulométrica				Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	
			Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte Argila		
			dag/kg (%)					
Sudoeste	46	0 - 20	62,8	24,5	87,3	3,5	9,2	1,57
		20 - 40	67,0	22,5	89,5	4,1	6,4	1,53
		40 - 60	72,3	16,9	89,1	4,2	6,7	
		60 - 100	74,3	18,2	92,5	2,8	4,6	
	104	0 - 20	59,0	25,6	84,5	8,5	6,9	1,48
		20 - 40	58,0	25,5	83,5	8,8	7,7	1,49
		40 - 60	65,9	21,2	87,1	7,3	5,6	
		60 - 100	67,2	23,3	90,5	5,9	3,5	
	156	0 - 20	57,9	30,0	88,0	5,3	6,7	1,41
		20 - 40	60,9	28,0	88,9	4,7	6,4	1,46
		40 - 60	60,0	29,8	89,8	5,1	5,1	
		60 - 100	64,0	29,2	93,2	1,8	5,0	
	156	0 - 20	57,3	29,2	86,5	3,6	9,9	
		20 - 40	54,4	30,9	85,4	7,3	7,4	
		40 - 60	66,3	20,7	87,0	6,7	6,3	
		60 - 100	62,8	25,2	88,0	5,2	6,8	
Nordeste	47	0 - 20	6,3	4,3	10,6	54,2	35,2	1,07
		20 - 40	7,3	4,1	11,5	53,6	34,9	1,29
		40 - 60	7,8	3,6	11,4	48,5	40,1	
		60 - 100	6,8	2,8	9,6	37,7	52,7	
	84	0 - 20	53,6	9,3	62,9	23,1	14,0	1,62
		20 - 40	56,3	7,8	64,2	19,3	16,5	1,70
		40 - 60	51,6	11,9	63,5	23,5	13,0	
		60 - 100	45,4	12,9	58,3	25,3	16,4	
144	0 - 20	6,0	3,5	9,5	61,6	28,9	1,36	
	20 - 40	6,9	3,8	10,7	57,7	31,6	1,53	
	40 - 60	10,2	3,9	14,2	48,7	37,1		
	60 - 100	15,1	4,4	19,5	44,1	36,4		