

**NATACHA SOBANSKI**

**CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA  
ATLÂNTICA EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL**

**CURITIBA**

**ABRIL 2012**

**NATACHA SOBANSKI**

**CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA  
ATLÂNTICA EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Conservação, Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Márcia Cristina  
Mendes Marques

**CURITIBA**

**ABRIL 2012**

*Dedico este trabalho à minha querida e amada mãe,  
Pelo amor incondicional em todos os momentos  
e por sempre me incentivar a correr  
atrás dos meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Márcia C. M. Marques, pela oportunidade de trabalho com restauração ecológica.

À Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental – SPVS, pelo suporte e auxílio na implantação dos experimentos e por tornar possível a realização dos trabalhos.

Ao CNPq e à Fundação Grupo o Boticário pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

Ao programa Reuni (Capes) pela bolsa.

Ao Professor André Padial, pela paciência e grande auxílio com as análises estatísticas. Muitíssimo obrigada!

Ao Prof. Tarciso de Souza Filgueira, do Instituto de Botânica de São Paulo, pela determinação da espécie *Urochloa arrecta*.

Aos amigos de laboratório, Fernanda Cardoso, Fernanda Lima, Jana, Carol, Carol Yumi, Fabiano, Turista e Vini, pela amizade, pelas risadas e pelo alto astral sempre.

Às diversas pessoas que auxiliaram no trabalho de campo, sem as quais seria impossível capinar tanta muda e ainda coletar os dados. Em especial aos funcionários das Reservas do Morro da Mina e do Rio Cachoeira: Antônio, Luiz, Carlinhos, Reinaldo, Sebastiana e Dona Lourdes.

Um especial agradecimento ao Carlinhos, funcionário da Reserva Natural do Morro da Mina, que me acompanhou em quase todas as fases de campo, faça chuva ou faça sol, sempre de bom humor, tornando tudo mais fácil.

À minha família, por ter compartilhado comigo os momentos difíceis.

Àqueles que neste momento me fogem da memória, mas que, de alguma forma contribuíram, fazendo parte desta história, muito obrigada!

*"Descobri como é bom chegar quando se tem paciência.*

*E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que*

*não é preciso dominar a força, mas a razão.*

*É preciso, antes de mais nada, querer."*

**Amyr Klink**

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
INTRODUÇÃO GERAL .....	12
OBJETIVO .....	17
ÁREA DE ESTUDO .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
CAPÍTULO 1. Sobrevivência e crescimento de árvores em pastagens abandonadas: efeito das características do solo e espécies de gramíneas na restauração da Floresta Atlântica .....	30
RESUMO .....	31
INTRODUÇÃO.....	33
MÉTODOS .....	37
Área de estudo .....	37
Delineamento experimental.....	38
Espécies arbóreas utilizadas.....	39
Características das espécies de pastagem .....	40
Caracterização do solo .....	41
Análise dos dados .....	44
RESULTADOS .....	45
Efeito do tipo de solo, tipo de gramínea e manejo do solo .....	45
Efeito dos nutrientes do solo .....	46
Sobrevivência e crescimento .....	48
DISCUSSÃO.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	74

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Média ( $\pm$ SE) dos parâmetros químicos e físicos de Cambissolo e Gleissolo, em pastagens abandonadas no Sul do Brasil. Médias testadas pelo teste de Student. ns = não significativo .....	43
<b>Tabela 2:</b> ANOVA multifatorial dos efeitos do tipo de solo, espécies de gramíneas e manejo do solo sobre a sobrevivência, crescimento em altura e diâmetro de base de <i>Campomanesia xathocarpa</i> e <i>Inga edulis</i> em pastagens abandonadas no Sul do Brasil .....	46
<b>Tabela 3:</b> Sobrevivência e média de crescimento ( $\pm$ SE) da altura e do diâmetro de base de <i>Campomanesia xanthocarpa</i> e <i>Inga edulis</i> no período de 12 meses sob efeito de diferentes tipos de solo (Cambissolo e Gleissolo) e espécies de gramínea ( <i>Urochloa cf humidicola</i> e <i>Urochloa arrecta</i> ), em áreas de pastagem abandonada no sul do Brasil. Solos: CAMB = Cambissolo, GLEI = Gleissolo; Espécie de gramínea: HUM = <i>Urochloa cf humidicola</i> , ARR = <i>Urochloa arrecta</i> . N = 30. ....	51

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa de localização das áreas de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, Paraná, Brasil, com destaque para a Reserva Natural Morro da Mina e Reserva Natural Rio Cachoeira.....20
- Figura 2:** Exemplos das áreas experimentais em pastagens abandonadas no Sul do Brasil. (a) Pastagem abandonada com *Urochloa arrecta*; (b) Pastagem abandonada com *Urochloa cf humidicola*; (c) Limpeza das parcelas com o auxílio de roçadeira; (d) Trator com pá rotativa utilizada para revolvimento do solo; (e) Plantio manual de mudas; (f) Muda de *I. edulis* coberta por *Urochloa* após 4 meses de plantio; (f) Muda de *C. xanthocarpa* coberta por *Urochloa* após 4 meses de plantio; (g) Muda submersa em solo saturado por água (Gleissolo). ..... 21
- Figura3:** Análise de redundância (RDA) ilustrando o efeito dos nutrientes do solo sobre a sobrevivência e o crescimento (altura e diâmetro de base) de (a) *Campomanesia xanthocarpa* e (b) *Inga edulis* em pastagens abandonadas, no Sul do Brasil. .... 48
- Figura 4:** Resultados do Teste *t* pareado evidenciando a diferença da taxa de sobrevivência (a), do crescimento em altura (b) e do crescimento do diâmetro de base (c) entre as espécies *Campomanesia xanthocarpa* e *Inga edulis*, nas 12 áreas de pastagens abandonadas, no Sul do Brasil. .... 50

## RESUMO

A pecuária constitui uma das atividades mais degradantes dos ecossistemas florestais devido ao tipo de manejo dado ao solo e por provocar a perda de interações ecológicas importantes. Neste contexto, a restauração florestal de pastagens abandonadas é um grande desafio para a ecologia da restauração. Apesar de existirem estudos que busquem identificar as barreiras que dificultam a recuperação da vegetação após o abandono de pastagens, áreas de agricultura e fogo, estudos que abordem especificamente os efeitos do tipo de gramíneas utilizada para pastagem, condições de solo e tipo de manejo do solo sobre a regeneração natural de florestas tropicais ainda são incipientes. Estes estudos são cruciais para que sejam implementadas estratégias eficazes de restauração e propostas concretas para a conservação da Floresta Atlântica. No presente estudo foram avaliados, durante o período de 12 (doze) meses, os efeitos resultantes da presença de gramíneas forrageiras, do tipo de solo e do tipo de manejo de solo sobre o desempenho de plântulas em áreas de restauração florestal em pastagem abandonada na Floresta Atlântica, no município de Antonina, Paraná. Para tanto, comparou-se a sobrevivência e o crescimento de duas espécies tropicais arbóreas (*Inga edulis* e *Campomanesia xanthocarpa*) em áreas com diferentes espécies de pastagem (*Urochloa cf humidicola* e *Urochloa arrecta*), tipos de solo (Gleissolo e Cambissolo) e condição de manejo do solo (com e sem revolvimento) a fim de testar quais desses fatores são mais importantes para limitar os processos de restauração. O tipo de solo foi o principal fator a afetar negativamente o crescimento e a sobrevivência de mudas de árvores nativas em áreas de pastagem abandonada, seguido pela espécie de gramínea utilizada para pastagem, mostrando que, apesar de diversos estudos apontarem a presença de gramíneas forrageiras como principal fator limitante para a sobrevivência e crescimento de espécies utilizadas para a restauração em florestas tropicais, na Mata Atlântica, as condições edáficas são o fator que influencia mais significativamente o desempenho das plântulas. Apesar das condições nutricionais dos dois solos avaliados apresentarem poucas diferenças entre si, o crescimento e a sobrevivência de plântulas foram significativamente mais elevados em Cambissolo, quando comparadas às condições de Gleissolo, sugerindo que as condições de hidromorfia características do Gleissolo reduziram o crescimento de plântulas. O maior desempenho de *Inga edulis* em altura e diâmetro nas áreas de estudo, quando comparada com *Campomanesia xanthocarpa*, sugere que, em áreas de pastagem abandonadas, deve-se priorizar espécies de rápido crescimento e adaptada às condições edáficas, a fim de aumentar o sucesso da restauração.

*Palavras-chave:* *Urochloa*, Floresta Atlântica, Floresta Tropical, *Campomanesia xanthocarpa*, *Inga edulis*, compactação de solo.

## ABSTRACT

Besides Atlantic Forest in Paraná represents one of the best preserved remnants of Brazil, the intensity of human activities has transformed several areas of mountains and plains in areas of pasture and secondary formations still in early stages of succession. Cattle grazing is considered one of the most degrading activities for tropical forests, due to the type of soil management practices and the loss of important ecological interactions. In this context, forest restoration of abandoned pastures is a major challenge for restoration ecology. Besides several studies have focused on identifying barriers that may prevent the recovery of vegetation after the abandonment of pastures, slash-and-burn agriculture or logging sites, studies that specifically approach the effects of alien grasses, soil and management practices of soil on natural regeneration of tropical forests are still lacking. In this study we experimentally evaluated, during the period of twelve (12) months, the effects of the type of pastures, type of soil and soil management on the performance of seedlings in areas of forest restoration on abandoned pasture, in Atlantic Forest, Antonina, Paraná. For this, we compared the survival and growth of two tropical tree species (*Inga edulis* and *Campomanesia xanthocarpa*) in areas with different types of pasture (*Urochloa cf humidicola* and *Urochloa arrecta*), types of soil (Gleysol and Cambisol) and different soil management condition, in order to test which of these factors are more important to limit restoration process. Soil type was the main factor to affect negatively the growth and survival of seedlings of native trees in areas of abandoned pasture, followed by the type of grass used for grazing, showing that, despite many studies have shown that the presence of grasses is the main limiting factor for growth and survival of species used for restoration in tropical forests, in the Atlantic forest soil conditions are the factor that most significantly influence the seedling performance. Despite the nutritional characteristics of both soils present few differences, growth and survival of seedlings was significantly higher in Cambisol, when compared with Gleysol conditions, suggesting that the hydromorphic conditions of Gleysol reduced seedling growth. The best performance of height and diameter of *Inga edulis* in all treatment conditions when compared with *Campomanesia xanthocarpa*, suggests that in abandoned pasture areas should be prioritized fast-growing species and adapted to soil conditions, in order to increase the success of restoration.

Key-words: *Urochloa*, Atlantic forest, tropical forest, *Campomanesia xanthocarpa*, *Inga edulis*, soil compaction

## INTRODUÇÃO GERAL

Distribuindo-se ao longo de uma zona privilegiada do planeta do ponto de vista biológico, a Floresta Atlântica é considerada um dos 25 hotspots mundiais de conservação de biodiversidade (Myers et al. 2000). As suas características geográficas, combinadas com a grande extensão latitudinal, diferenças climáticas, de solo e formas de relevo, proporcionam a este bioma cenários diversificados com extraordinária biodiversidade e endemismo (S.O.S. Mata Atlântica 1998; Silva & Casteleti 2003; Mittermeier et al. 2004).

Em contrapartida, a Floresta Atlântica é considerada um dos biomas mais ameaçados do mundo, devido aos diversos ciclos desenvolvimentistas que dizimaram esta floresta, transformando-a em paisagens extremamente alteradas e antropizadas, restando apenas 11,7% da sua cobertura original (Ribeiro et al. 2009). Estes remanescentes estão localizados normalmente em áreas de difícil acesso (Silva 2003), em geral serras e suas escarpas, bem como regiões pouco desenvolvidas economicamente, sendo a maior parte fragmentada e dispersa (Morellato & Haddad 2000; Myers et al. 2000).

Hoje, a maioria dos remanescentes de Floresta Atlântica encontram-se em fragmentos compostos por florestas secundárias em estágios ainda iniciais de sucessão (Metzger 2000; Metzger 2009). Tal situação é ainda agravada pelas ameaças constantes de atividades extrativistas, especulação imobiliária, pressão urbana, movimentos de reforma agrária, descumprimento do Código Florestal e pelo baixo percentual de áreas protegidas em forma de unidades de conservação, o qual corresponde a apenas 3% do bioma (Fiszon et al. 2003; Ferretti et al. 2006). Além disso, a Floresta Atlântica pode levar de cem a trezentos anos para recuperar a riqueza de espécies zoocóricas e não-

pioneiras e um tempo de até quatro mil anos para recuperar a riqueza de espécies endêmicas, que apresentam uma proporção de 40% do total de espécies (Liebsch et al. 2008).

Embora diversas atividades antrópicas exerçam efeitos negativos sobre as áreas naturais, a pecuária vem sendo citada como uma das atividades com maior impacto (Ferretti & Britez 2005), uma vez que a implantação de pastagens envolve severas alterações nas condições ambientais da área, dentre elas a remoção da cobertura vegetal, o destocamento, queimadas sucessivas, introdução de gramíneas exóticas e exaustão do banco de sementes (Gómez - Pompa & Vázques - Yanes 1981).

Além disso, a substituição da vegetação por pastagens promove uma série de alterações físico – químicas no solo, como a perda da estrutura edáfica e sua porosidade, aumento da densidade, diminuição da matéria orgânica e perda de fertilidade, as quais interferem diretamente no estabelecimento e desenvolvimento das espécies vegetais associadas ao processo de sucessão (Guariguata & Ostertag 2002; Rasiah et al. 2004).

Dentre as espécies utilizadas como forrageiras para a implantação de áreas de pastagem, as mais comuns são *U. arrecta*, *U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. dictyoneura*, *U. humidicola*, *U. mutica* e *U. ruziziensis* (Valle et al. 2008). O gênero *Urochloa* (ex *Brachiaria* (Trin.) Griseb.), em razão de sua extensa utilização no Brasil, tem prejudicado sobremaneira áreas de restauração florestal, promovendo competição ou até mesmo inibição do desenvolvimento de outras espécies.

A recuperação da estrutura em florestas secundárias são dirigidas por diversos fatores, dentre eles o tipo de alteração estrutural ocorrida nas

condições físicas e químicas do solo, histórico de perturbação e uso da terra, disponibilidade e disposição espacial de fragmentos florestais remanescentes (estrutura e configuração da paisagem), presença do banco de sementes e presença de dispersores (Uhl 1987; Aide et al. 2000; Guariguata & Ostertag 2001).

Estudos verificaram que a regeneração em áreas de pastagem abandonada é geralmente mais lenta do que aquela que ocorre após outros impactos antrópicos (Aide et al. 1995), uma vez que nessas áreas existem diversas barreiras que interferem na regeneração, dentre elas a competição com espécies herbáceas e a limitação da dispersão (Zimmerman et al. 2000; Holl 1998; Holl 2002). Cheung et al. (2009) constataram que locais onde ocorrem altas quantidades de biomassa de gramínea exótica, a riqueza, densidade e volume de espécies arbóreas é menor. Dessa forma, o estabelecimento e o desenvolvimento de espécies arbóreas nativas estão inversamente relacionados à biomassa de gramíneas exóticas. O mesmo estudo constatou também, que áreas em regeneração com uma mesma idade podem ter estruturas bastante distintas, o que sugere que este processo pode ser influenciado por outros fatores, sendo as condições de solo, como a compactação e disponibilidade de nutrientes, alguns dos possíveis limitantes à regeneração de várias espécies (Cheung et al. 2009, 2010).

A compactação do solo refere-se ao processo que descreve o decréscimo de volume de solos não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada, a qual pode ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte e pisoteio de animais (Lima

2004). O processo de compactação depende de fatores externos e internos (Lebert & Horn 1991; Dias Junior et al. 1999). Os fatores externos são caracterizados pelo tipo, intensidade e frequência da carga que foi aplicada ao solo (Lebert & Horn 1991), enquanto que os fatores internos estão relacionados com o histórico da tensão, umidade, textura, estrutura, densidade inicial do solo e teor de carbono (Dias Junior 1996; Dias Junior et al. 1999).

Canillas & Salokhe (2002) apontaram a compactação como sendo uma das principais causas da degradação de solos. Em solos compactados, o desenvolvimento das plantas é menor devido ao impedimento mecânico ao crescimento radicular, o qual resulta em menor volume de solo explorado e conseqüente menor absorção de água e nutrientes (Merotto & Mundstock 1999; Guimarães et al. 2002; Spera et al. 2004).

Além da compactação do solo, é importante ressaltar que a fertilidade do solo também influencia sobremaneira o sucesso de restauração florestal, uma vez que o desenvolvimento das plantas está diretamente relacionada com a disponibilidade de nutrientes no solo (Lambers et al. 2008). Os nutrientes minerais são classificados em macronutrientes e micronutrientes (Marenco & Lopes 2005) e têm funções essenciais e específicas no metabolismo dos vegetais (Epstein 1975). Sendo assim, em locais com menor disponibilidade de nutrientes, as plantas apresentam menores taxas de expansão foliar e fotossíntese, o que resulta em menor taxa de assimilação de carbono e, conseqüentemente, em menor taxa de crescimento em altura e diâmetro do caule (Pugnaire & Valladares 2007, Lambers et al. 2008).

Neste contexto, os processos de restauração são importantes, uma vez que têm como objetivo auxiliar a recuperação de um ecossistema degradado, danificado ou destruído não só por agentes naturais, mas também por atividades humanas diretas ou indiretas (SER 2004). A restauração ecológica busca reconstituir um novo ecossistema o mais semelhante possível ao original, de modo a criar condições de biodiversidade renovável, em que as populações sejam auto-sustentáveis e que a reprodução e diversidade genética estejam garantidas (Engel & Parrota 2003; Kageyama & Gandara 2003).

Nos últimos anos, o acúmulo de conhecimento sobre os processos relacionados à dinâmica de formações naturais tem levado a uma mudança significativa na orientação dos programas de restauração, deixando de ser uma simples aplicação de práticas silviculturais que tem como objetivo apenas a recomposição de espécies florestais num dado ambiente (Rodrigues & Gandolfi 2000), para desempenhar a difícil tarefa da reconstrução dos processos ecológicos (Young 2000).

Sendo assim, o plantio de espécies florestais é de grande importância nos processos de sucessão e regeneração de florestas tropicais, uma vez que atuam como catalisadoras do processo sucessional, permitindo a regeneração da floresta nativa (Otsamo 2000; Duncan & Chapman 2003; Moraes & Pereira 2003). O plantio de mudas proporciona mudanças microclimáticas que favorecem a germinação de outras espécies o desenvolvimento de uma camada de serrapilheira e húmus que melhoram a fertilidade do solo. Além disso, promove o aumento da complexidade estrutural do hábitat, provocando atração da fauna e entrada de propágulos e

a supressão de invasoras (geralmente gramíneas), influenciando de maneira positiva a continuidade da sucessão (Parrota 1997; Engel & Parrota 2003).

Embora existam estudos que busquem identificar as barreiras que afetam o sucesso da regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas (por exemplo, Guariguata & Pinard 1998; Holl 1998; Holl 1999; Holl et al. 2000; Zimmerman et al. 2000; Holl 2002), estudos que abordem especificamente os efeitos de gramíneas exóticas e do tipo de solo sobre a regeneração natural em Florestas Tropicais ainda são incipientes.

Para garantir o sucesso dos esforços de restauração, o conhecimento sobre o desempenho de espécies nativas em ambientes alterados e de extrema competitividade é fundamental para que sejam implementadas estratégias de manejo e conservação eficazes, a fim de facilitar os processos de regeneração e conservação da biodiversidade.

## **OBJETIVO**

No presente estudo foram avaliados, durante o período de 12 (doze) meses, os efeitos resultantes da presença de gramíneas forrageiras, do tipo de solo e do tipo de manejo de solo sobre o desempenho de plântulas em áreas de restauração florestal em pastagem abandonada na Floresta Atlântica, no município de Antonina, Paraná. Para tanto, comparou-se a sobrevivência e o crescimento de duas espécies tropicais arbóreas (*Inga edulis* e *Campomanesia xanthocarpa*) em áreas com diferentes tipos de pastagem (*Urochloa cf humidicola* e *Urochloa arrecta*), tipos de solo (Gleissolo e Cambissolo) e condição de manejo do solo (com e sem revolvimento) a fim de testar quais desses fatores são mais importantes para limitar a restauração.

## ÁREA DE ESTUDO

As Reservas Naturais do Rio Cachoeira e Morro da Mina, localizam-se no município de Antonina, litoral norte do estado do Paraná, sob as coordenadas 25°19'15" S e 48°42'24" W e 25°21'16" S e 48°46'17" W, respectivamente (Figura 1). Ambas estão inseridas na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, a qual engloba, em sua extensão continental, costeira e estuarina, uma gama diversificada de ambientes e grande quantidade de espécies endêmicas e ameaçadas. Nas áreas de serra, principalmente nas porções medianas e alto das encostas, concentra-se a maior porção de Floresta Atlântica em seu estado primitivo, constituindo um complexo significativo de Floresta Ombrófila Densa, podendo ser considerada a maior e mais representativa de toda a costa brasileira (IPARDES 2001). As atividades desenvolvidas no litoral paranaense revelam que o cultivo intenso de banana, a exploração de madeira, a bubalinocultura e a agricultura de subsistência são as principais ocupações da população (IPARDES 2001). A bubalinocultura, atividade em expansão nas décadas de 70 e 80, exigiu o desmatamento de grandes áreas de floresta para a implantação de pastagem para alimentação de animais. Nestas áreas, foram inseridas gramíneas do gênero *Urochloa*, muito utilizadas nos trópicos por serem adaptadas a solos ácidos e de baixa fertilidade, possuírem alto vigor de rebrota e excelente cobertura de solo (Alvim et al. 2002). As áreas onde foi desenvolvido o presente estudo (Figura 2) caracterizam-se por serem áreas anteriormente utilizadas para pecuária e apresentam-se em estágios iniciais de regeneração. Em 2000, a Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), iniciou os Projetos de Combate ao

Aquecimento Global, dentre ele o Projeto de Restauração da Floresta Atlântica, o Projeto de Ação Contra o Aquecimento Global em Guaraqueçaba e o Projeto Piloto de Reflorestamento em Antonina, onde foi necessário o estabelecimento de novas estratégias de restauração e o desenvolvimento de novas técnicas para áreas de maior extensão (Ferretti & Britez 2005). Desde então, outros estudos foram desenvolvidos com o objetivo de testar modelos de plantio nas áreas de pastagens recentemente abandonadas e monitorar os processos de regeneração natural em diferentes tipos de ambientes (Ferreti & Britez 2005, Leitão et al. 2010, Bruel et al. 2010).

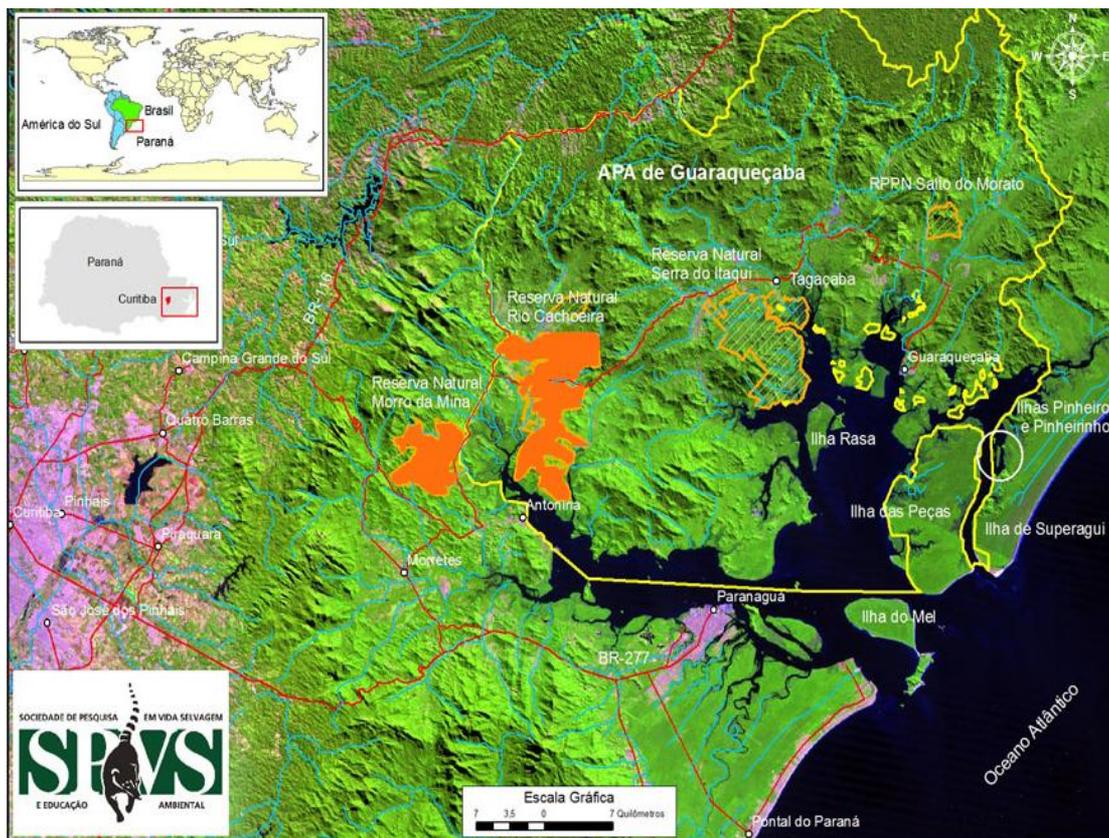


Figura 1. Mapa de localização das áreas de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, Paraná, Brasil, com destaque para a Reserva Natural Morro da Mina e Reserva Natural Rio Cachoeira.

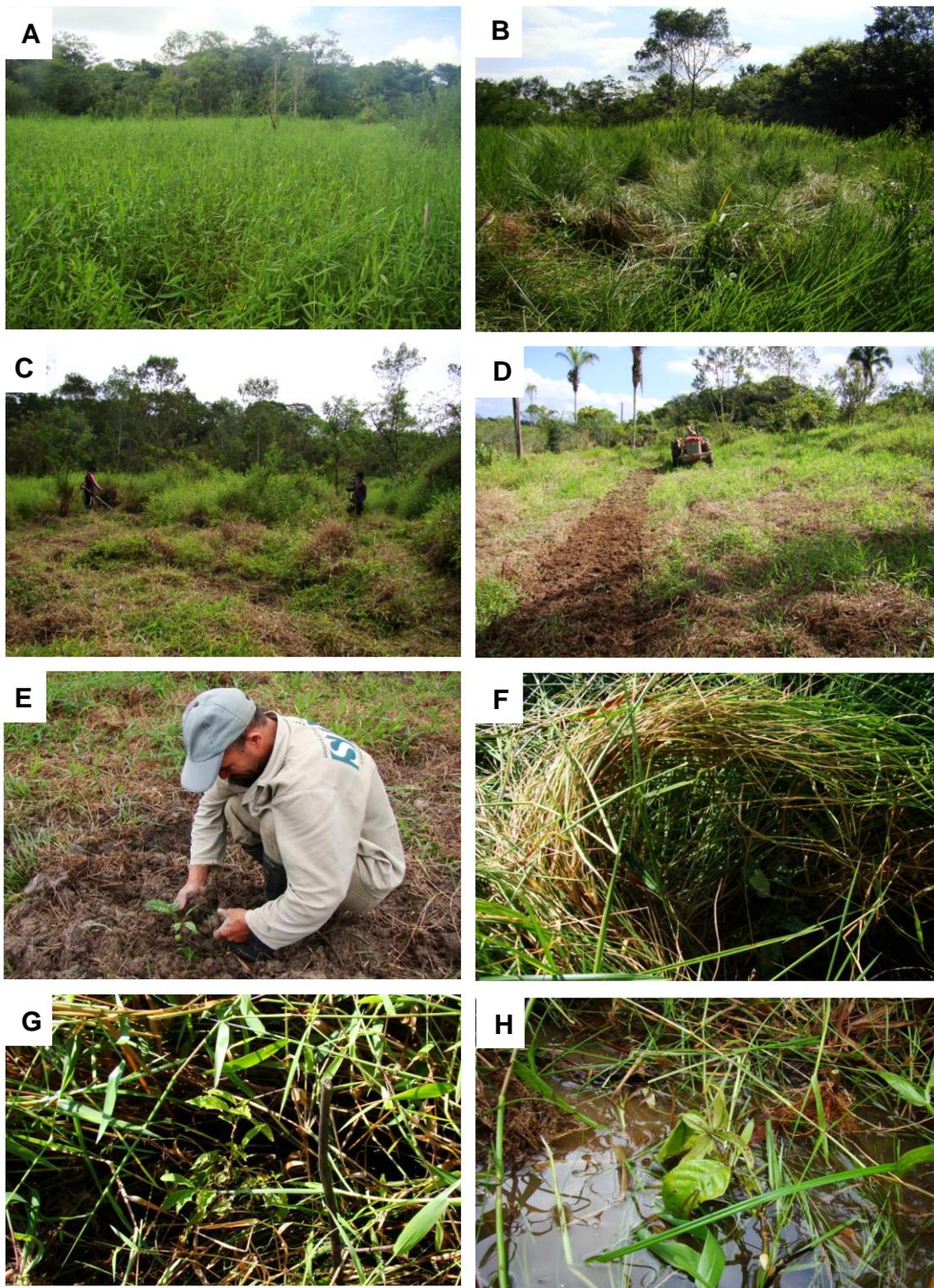


Figura 2: Áreas experimentais em pastagens abandonadas no Sul do Brasil. (a) Pastagem abandonada com *Urochloa arrecta*; (b) Pastagem abandonada com *Urochloa cf. humidicola*; (c) Limpeza das parcelas com o auxílio de roçadeira; (d) Trator com pá rotativa utilizada para revolvimento do solo; (e) Plantio manual de mudas; (f) Muda de *I. edulis* coberta por *Urochloa* após 4 meses de plantio; (g) Muda de *C. xanthocarpa* coberta *Urochloa* após 4 meses de plantio; (h) Muda submersa em solo saturado por água (Gleysol)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Herrera, L. Rosario, M., Serrano, M. 1995. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 77:77-85.
- Aide, T. M., J. K. Zimmerman, J. B. Pascarella, L. Rivera, and H. Marcano Vega. 2000. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. *Restoration Ecology* 8:328-338.
- Alvim, M. J., Botrel, M. A., Xavier, D. F. 2002. As principais espécies de *Brachiaria* utilizadas no país. Comunicado Técnico. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Juiz de Fora.
- Bruel B. O., Marques, M. C. M., Britez, R. M. 2010. Survival and growth of tree species under two direct seedling planting systems. *Restoration Ecology* 18:414 – 417.
- Canillas, E. C., and Salokhe, V. M. 2002. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. *Soil Tillage Research* 65:221-230.
- Cheung, K. C., Marques, M. C. M. & Liebsch, D. 2009. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. *Acta botanica brasílica* 23:1048-1056.
- Cheung, K. C., Liebsch, D. & Marques, M. C. M. 2010. Forest recovery in newly abandoned pastures in southern Brazil: implications for the Atlantic Rain Forest resilience. *Natureza & Conservação* 8: 66-70.

- Dias Junior, M. S., Pierce, F. J. 1996. O processo decompactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 20:175-182.
- Dias Junior, M. S.; Ferreira, M. M.; Fonseca, S.; Silva, A. R.; Ferreira, D. F. 1999. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. *Revista Árvore* 23(4):371-380.
- Duncan, R. S. and Chapman, C. A. 2003. Consequences of plantation harvest during tropical forest restoration in Uganda. *Forest Ecology and Management* 173:235-250.
- Engel, V. L. and Parrota, J. A. 2003. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. Pages 1-26 in P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel, F. B. Gandara, editors. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, Botucatu.
- Epstein, E. 1975. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. EDUSP, São Paulo.
- Ferretti, A. R. and Britez, R. M. 2005. A restauração da Floresta Atlântica no litoral do estado do Paraná: os trabalhos da SPVS. Pages 87-102 in A. P. M. Galvão and Porfírio-da-Silva, editors. *Restauração Florestal: fundamentos e estudos de caso*. Embrapa.
- Ferretti, A. R.; Borges, C. R. S., Britez, R. M. 2006. Os estados da Mata Atlântica. *Mata Atlântica: Uma rede pela floresta*, RMA, Brasília.
- Fizon, J.T., Marchioro, N.P.X., Britez, R.M., Cabral, D.C., Camely, N.C., Canavesi, V., Castella, P.R., Castro, E.V., Cullen, L., Cunha, M.B.S., Figueiredo, E.O., Franke, I. L.; Gomes, H.; Gomes, L. J.; Hreisemnou, V.

- H. V.; Landau, E. C.; Lima, S. M. F.; Lopes, A. T. L.; Neto, E. M.; Mello, A. L.; Oliveira, L. C.; Ono, K. Y.; Pereira, N. W. V.; Rodrigues, A. S.; Rodrigues, A. A. F.; Ruiz, C. R.; Santos, L. F. G. L.; Smith, W. S.; Souza, C. R. 2003. Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Gomez - Pompa, A. and Vasquez-Yanes, C. 1981. Successional studies of a rain forest in Mexico. Pages 246-266 in D. C. West, H. H. Shugar, D. B. Botkin. Forest Sucession – concepts and applications. Springer-Verlag, New York.
- Guariguata, M., and M. A. Pinard. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: implications for natural forest management. *Forest Ecology and Management* 112:87–99.
- Guariguata, M. R. and Ostertag, R., 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148: 185-206.
- Guariguata, M. R., and Ostertag, R. 2002. Sucesión secundaria. Pages 591-618 in M. R. Guariguata, G. H. Kattan, editors. *Ecologia y Conservacion de Bosques Neotropicales*. Ediciones LUR, Mexico.
- Guimarães, C.M.; Stone, L.F.; Moreira, A.A.J. 2002. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 6:213-218.
- Holl, K. D. 1998. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in

- abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management* 109:187–195.
- Holl, K. D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pastures: seed rain, seed germination, microclimate and soil. *Biotropica* 31:229–249.
- Holl, K. D., Loik M. E., Lin, E. H. V., Samuels I. A. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8:339–349.
- Holl K. D, 2002. Effect of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology* 90:179-187.
- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES. 2001. Zoneamento da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba. Curitiba.
- Kageyama, P. Y., Gandara, F. B., Oliveira, R. E. 2003. Biodiversidade e restauração da Floresta Tropical. Pages 29-48 in P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel, F. B. Gandara, editors. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, Botucatu.
- Lambers, H., Chapin III, F.S., Pons, T.L. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer, New York.
- Leitão, H. M F., Marques, M. C. M. & Ceccon, E. 2010. Young restored forests increase seedling recruitment in abandoned pastures in the Southern Atlantic rainforest. *Revista de Biología Tropical* 58(4):1271-1282.
- Lebert, M., and Horn, R. 1991. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. *Soil and Tillage Research* 19:275-286.

- Liebsch, D., Marques, M. C. M., Goldenberg, R. 2008. How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession. *Biological Conservation* 141:1717-1725.
- Lima, C.L.R. Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada. 2004. Tese. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- Marengo, R. A., and Lopes, N. F. 2005. *Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. Editora UFV, Viçosa, MG.
- Merotto, A.J. and Mundstock, C.M. 1999. Wheat root growth as affected by soil strength. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 23:197-202.
- Metzger, J. P. 2000. Tree functional group richness and landscape structure in a tropical fragmented landscape in SE Brazil. *Ecological Application* 10: 1147-1161.
- Metzger, J. P. 2009. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation* 142:1138-1140.
- Mittermeier, R., Gil, P. R., Hoffmann, M. Pilgrim, J. D., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B. 2004. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Cemex, Washington.
- Moraes, L. F. D. and Pereira, T. S. 2003. Restauração ecológica em unidades de conservação. Pages 295-305 in P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel, F. B. Gandara, editors. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, Botucatu.

- Morellato, L. P. C. and Haddad, C. F. B. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32:786-792.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittenmeier, C.G., Fonseca, G. A. B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Otsamo, R. 2000. Secondary forest regeneration under fast-growing forest plantations on degraded *Imperata cylindrica* grasslands. *New-Forests* 19: 69-93.
- Parrotta, J. A., Knowles, O. H., Wunderle Jr., J. M. 1997. Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forest Ecology and Management* 99:21 -42.
- Pugnaire, F.I., and Valladares, F. 2006. *Functional Plant Ecology*, New York, London, CRC Press.
- Rasiah, V., Florentine, S. K., Williams, B. L., & Westbrooke, M. E. 2004. Soil properties dynamics under abandoned pasture in deforested tropical rain-forest in Australia. *Geoderma* 120:35–45.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. 2009. Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142:1141-1153.
- Rodrigues, R. R. and Gandolfi, S. 2000. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. Pages 235-247 in R. R. Rodrigues and H. F. Leitão Filho. *Matas ciliares: conservação e recuperação*. Universidade de São Paulo, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo.

- Society for Ecological Restoration International Science e Policy Working Group. 2004. The SER primer in ecological restoration. URL <http://www.ser.org> [Accessed on 21 May 2012].
- Silva, S. M. 2003. A Floresta Atlântica no Paraná. Floresta Atlântica: Reserva da Biosfera. Curitiba.
- Silva, J. M. C. and Casteletti, C. H. M. 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. Pages 43–59 in C. Galindo-Leal and I.G. Câmara, editors. The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. Center for Applied Biodiversity Science and Island Press, Washington, DC.
- S.O.S. Mata Atlântica. 1998. Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 1990-1995. Fundação S.O.S. Mata Atlântica, São Paulo.
- Spera, S.T., Santos, H.P., Fontaneli, R.S., Tomm, G.O. 2004. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Revista Brasileira Ciência do Solo* 28:533-542.
- Uhl, C. 1987. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology* 75:377-407.
- Valle, C. B., Simione, C., Resende, R. M. S., Jank, L. Chiari, L. 2008. Melhoramento genético de *Brachiaria*. Pages 13-53 in R. M. S. Resende, C. B. Valle, L. Jank, editors. Melhoramento de forrageiras tropicais. Embrapa, Campo Grande.
- Young, T. P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation* 92: 73-83.

Zimmerman, J. K., Pascarella, J. B. and Aide, T. M. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology* 8:350–360.

## **CAPÍTULO1**

**Sobrevivência e crescimento de árvores em pastagens abandonadas:  
efeitos das características do solo e espécies de gramíneas na  
restauração da Floresta Atlântica<sup>1</sup>**

1 Artigo a ser submetido à Revista Restoration Ecology

# **Sobrevivência e crescimento de árvores em pastagens abandonadas: efeitos das características do solo e espécies de gramíneas na restauração da Floresta Atlântica**

**Natacha Sobanski & Marcia C. M. Marques**

## **Resumo**

A pecuária constitui uma das atividades mais degradantes dos ecossistemas florestais devido ao tipo de manejo dado ao solo e por provocar a perda de interações ecológicas importantes. Neste contexto, a restauração florestal de pastagens abandonadas é um grande desafio para a ecologia da restauração. Apesar de existirem estudos que busquem identificar as barreiras que dificultam a recuperação da vegetação após o abandono de pastagens, áreas de agricultura e fogo, estudos que abordem especificamente os efeitos do tipo de gramíneas utilizada para pastagem, condições de solo e tipo de manejo do solo sobre a regeneração natural de florestas tropicais ainda são incipientes. Estes estudos são cruciais para que sejam implementadas estratégias eficazes de restauração e propostas concretas para a conservação da Floresta Atlântica. No presente estudo foram avaliados, durante o período de 12 (doze) meses, os efeitos resultantes da presença de gramíneas forrageiras, do tipo de solo e do tipo de manejo de solo sobre o desempenho de plântulas em áreas de restauração florestal em pastagem abandonada na Floresta Atlântica, no município de Antonina, Paraná. Para tanto, comparou-se a sobrevivência e o crescimento de duas espécies tropicais arbóreas (*Inga edulis* e *Campomanesia xanthocarpa*) em áreas com diferentes espécies de pastagem (*Urochloa cf humidicola* e *Urochloa arrecta*), tipos de solo (Gleissolo e Cambissolo) e condição de manejo do solo (com e sem revolvimento) a fim de testar quais desses fatores são mais importantes para limitar os processos de restauração. O tipo de solo foi o principal fator a afetar negativamente o crescimento e a sobrevivência de mudas de árvores nativas em áreas de pastagem abandonada, seguido pela espécie de gramínea utilizada para pastagem, mostrando que, apesar de diversos estudos apontarem a presença de gramíneas forrageiras como principal fator limitante para a sobrevivência e crescimento de espécies utilizadas para a restauração em florestas tropicais, na Mata Atlântica, as condições edáficas são o fator que influencia mais significativamente o desempenho das plântulas. Apesar das condições nutricionais dos dois solos avaliados apresentarem poucas diferenças entre si, o crescimento e a sobrevivência de plântulas foram significativamente mais elevados em Cambissolo, quando comparadas às condições de Gleissolo, sugerindo que as condições de hidromorfia características do Gleissolo reduziram o crescimento de plântulas. O maior desempenho de *Inga edulis* em altura e diâmetro nas áreas de estudo, quando comparada com *Campomanesia xanthocarpa*, sugere que, em áreas de pastagem abandonadas, deve-se priorizar espécies de rápido crescimento e adaptada às condições edáficas, a fim de aumentar o sucesso da restauração.

Palavras-chave: *Urochloa*, Floresta Atlântica, Floresta Tropical, *Campomanesia xanthocarpa*, *Inga edulis*, compactação de solo

## INTRODUÇÃO

A conversão deflorestas tropicais em áreas agrícolas, principalmente em áreas de pastagens para o desenvolvimento da pecuária, tem contribuído para o aumento da perda de biodiversidade, gerando vastas áreas depastagens abandonadas e florestas secundárias que cotabilizam mais de 40% da área total das florestas tropicais (Brown & Lugo 1990, Aide et al. 2000).

Considerando que a maioria dos países apresentam menos de 5% de suas florestas tropicais primárias resguardadas por áreas protegidas, é necessário aumentar estas áreas através da restauração de áreas degradadas, garantindo desta forma a conservação da biodiversidade (Aide et al. 2000; Holl & Aide 2011). Neste contexto, a restauração ecológica tornou-se uma importante alternativa para mitigar os impactos negativos da ação humana sobre os ecossistemas (Chazdon 2008, Benayas et al. 2009) e um grande desafio para a ecologia da restauração (Aide et al. 2000, Florentine 2004).

A pecuária vem sendo considerada uma das atividades mais degradantes dos ecossistemas florestais (Ferretti & Britez 2005), devido ao tipo de manejo dado ao solo e por provocar a perda de interações ecológicas importantes (Holl 1998,1999), uma vez que a implantação de pastagens envolve severas alterações nas condições ambientais da área, dentre elas a remoção da cobertura vegetal, o destocamento, queimadas sucessivas, introdução de gramíneas exóticas e exaustão do banco de sementes (Gómez - Pompa & Vázquez - Yanes 1981). Além disso, a substituição da vegetação por pastagens promove também alterações físico – químicas no solo, como a

perda da estrutura edáfica e sua porosidade, aumento da densidade, diminuição da matéria orgânica e perda de fertilidade, as quais interferem diretamente no estabelecimento e desenvolvimento das espécies vegetais associadas ao processo de sucessão (Guariguata & Ostertag 2002; Rasiah et al. 2004).

A restauração de pastagens abandonadas é geralmente um processo lento e dispendioso (Finegan 1996, Martins & Engel 2007) e depende de diversos fatores que limitam a recuperação da vegetação, dentre eles a depleção de nutrientes, a compactação do solo e a competição com gramíneas exóticas agressivas, que impedem o estabelecimento de mudas florestais (Aide & Cavelier 1994, Fernandes & Sanford 1995, Parrotta & Knowles 2001, Laliberte et al. 2008).

Estudos verificaram que a regeneração em áreas de pastagem abandonada é geralmente mais lenta do que aquela que ocorre após outros impactos antrópicos (Aide et al. 1995), uma vez que nessas áreas existem diversas barreiras que interferem na regeneração, dentre elas a competição com espécies herbáceas e a limitação da dispersão (Zimmerman et al. 2000; Holl 1998; Holl 2002).

Cheung et al. (2009) constataram que locais onde ocorrem alta quantidade de biomassa de gramínea exótica, a riqueza, densidade e volume de espécies arbóreas é menor. Dessa forma, o estabelecimento e o desenvolvimento de espécies arbóreas nativas estão inversamente relacionados à biomassa de gramíneas exóticas. O mesmo estudo constatou também, que áreas em regeneração com uma mesma idade podem ter estruturas bastante distintas, o que sugere que este processo pode ser

influenciado por outros fatores, sendo as condições de solo, como a compactação e disponibilidade de nutrientes, alguns dos possíveis limitantes à regeneração de várias espécies (Cheung et al. 2009, 2010).

A compactação do solo é considerada uma das principais causas da degradação de solos (Canillas & Salokhe 2002). Em solos compactados, o desenvolvimento das plantas é menor devido ao impedimento mecânico ao crescimento radicular, os quais resultam em menor volume de solo explorado e conseqüente menor absorção de água e nutrientes (Merotto & Mundstock 1999; Guimarães et al. 2002; Spera et al. 2004).

Da mesma forma, a presença de gramíneas tem provado ser uma grande barreira para a restauração de pastagens abandonadas (Holl 1998, Hooper et al. 2002, Ferguson et al. 2003, Hooper et al. 2005, Sampaio et al. 2007), uma vez que apresentam características que lhes permitem competir com espécies nativas, tais como a eficiência reprodutiva, elevadas taxas de crescimento, uso eficaz de nutrientes, produção de grande quantidade de sementes facilmente dispersas, ciclos de vida curtos e alelopatia (Pivello 1999), este último inibindo a germinação e o desenvolvimento de plantas de várias espécies (Sousa et al. 2006; Souza Filho et al. 2005).

Além da compactação do solo e da presença de gramíneas, é importante ressaltar que a fertilidade do solo também influencia sobremaneira o sucesso de restauração florestal, uma vez que o desenvolvimento das plantas está diretamente relacionada com a disponibilidade de nutrientes no solo (Lambers et al. 2008). Os nutrientes minerais têm funções essenciais e específicas no metabolismo dos vegetais (Epstein 1975). Sendo assim, em locais com menor disponibilidade de nutrientes, as plantas apresentam

menores taxas de expansão foliar e fotossíntese, o que resulta em menor taxa de assimilação de carbono e, conseqüentemente, em menor taxa de crescimento em altura e diâmetro (Pugnaire & Valladares 2007, Lambers et al. 2008).

Apesar de existirem estudos focados em identificar as barreiras que podem impedir a recuperação da vegetação após o abandono de pastagens, corte-e-queima ou agricultura (por exemplo, Guariguata & Pinard 1998, Holl 1998, Holl 1999, Holl et al. 2000, Zimmerman et al. 2000, Holl 2002), estudos que abordem especificamente os efeitos da presença de gramíneas exóticas e do tipo de solo sobre a sobrevivência e o crescimento de plantas em florestas tropicais ainda são incipientes.

Objetivo deste estudo foi avaliar, durante o período de 12 (doze) meses, os efeitos resultantes da presença de gramíneas forrageiras, do tipo de solo e do tipo de manejo de solo sobre o desempenho de plântulas em áreas de restauração florestal em pastagem abandonada na Floresta Atlântica, no município de Antonina, Paraná. Para tanto, comparou-se a sobrevivência e o crescimento de duas espécies tropicais arbóreas (uma de crescimento rápido, *Inga edulis* e outra de crescimento lento, *Campomanesia xanthocarpa*) em áreas com diferentes tipos de pastagem (*Urochloa cf humidicola* e *Urochloa arrecta*), tipos de solo (Gleissolo e Cambissolo) e condição de manejo do solo (com e sem revolvimento) a fim de testar quais desses fatores são mais importantes para limitar os processos de restauração. Para o estudo, foram testadas as seguintes hipóteses: 1) O incremento em altura e diâmetro e a sobrevivência das espécies testadas é maior em Cambissolo que em Gleissolo; 2) O incremento em altura e

diâmetro das espécies testadas é maior em solos revolvidos que em solos não revolvidos; 3) O incremento em altura e diâmetro das espécies testadas é maior em áreas cobertas por *Urochloa cf humidicola* que em áreas cobertas por *Urochloa arrecta*.

## **MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O presente estudo foi desenvolvido em áreas de pastagens abandonadas localizadas nas Reservas Naturais do Rio Cachoeira e Morro da Mina, no município de Antonina, litoral norte do estado do Paraná, Brasil, sob as coordenadas 25°19'15" S e 48°42'24" W e 25°21'16" S e 48°46'17" W, respectivamente. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido mesotérmico com temperatura média anual de 21,4°C e precipitação anual de 2.778 mm, sem estação seca definida e geadas pouco freqüentes (Ferretti & Britez 2005, IAPAR 2011). As principais classes de solo encontradas nas reservas são Neossolos, Gleissolos, Cambissolos e Argissolos (Ferretti & Britez 2005). Para o presente estudo foram selecionadas áreas em Cambissolo e Gleissolo.

As áreas onde foi desenvolvido o estudo caracterizam-se por serem áreas anteriormente utilizadas para pecuária, o que exigiu o desmatamento de grandes áreas de floresta para a implantação de pastagem para alimentação de animais, resultando na destruição parcial da paisagem original e criando um mosaico de vegetação em diferentes fases da sucessão.

## **Delineamento experimental**

O presente estudo foi implantado em outubro de 2011 e monitorado ao longo de um ano. Para tanto, foram selecionadas 12 áreas distintas (3 áreas na Reserva Natural do Morro da Mina e 9 áreas na Reserva Natural do Rio Cachoeira), caracterizadas por pastagens abandonadas, com a ocorrência de dois tipos de solo (Gleissolo e Cambissolo) e dois tipos de cobertura de pastagem (*Urochloa cf humidicola* e *Urochloa arrecta*), resultando em quatro situações ambientais distintas, cada uma com três repetições: Cambissolo com *Urochloa arrecta*, Cambissolo com *Urochloa cf humidicola*, Gleissolo com *Urochloa arrecta* e Gleissolo com *Urochloa cf humidicola*.

Em cada uma das 12 áreas selecionadas, foram delimitadas duas parcelas contíguas de 40m<sup>2</sup>, resultando em 24 parcelas. As parcelas foram roçadas antes do plantio, com o intuito de padronizar o experimento. Em uma das parcelas contíguas, o solo foi revolvido com o auxílio de uma pá rotativa acoplada a um trator, com o objetivo de se obter parcelas com solo revolvido e não revolvido.

Posteriormente, foram feitas covas com o auxílio de uma coveadeira manual, as quais foram plantadas com 20 mudas de espécies arbóreas de crescimento rápido e crescimento lento, sendo 10 mudas de *Inga edulis* e 10 mudas de *Campomanesia xanthocarpa*, com espaçamento 2 x 2 m, totalizando 20 mudas por parcela (total de 480 mudas plantadas nas 24 parcelas).

As mudas, provenientes do viveiro local, foram cultivadas em sacos de polietileno preto de 12 x 20cm, com solo coletado na própria reserva e foram transplantadas nas áreas do experimento com uma altura média inicial

de  $16,95 \pm 3,88$  cm. Em nenhum dos tratamentos foi utilizado fertilizante e o monitoramento das áreas consistiu na capina manual das mudas a cada dois meses.

Após o plantio, foram mensuradas a altura e o diâmetro de base de cada muda, cujo acompanhamento foi realizado a cada 2 meses, durante um período de 12 meses. Em cada uma das parcelas, a resistência do solo à penetração foi mensurada como auxílio de um penetrômetro (10 mensurações por parcela), com o objetivo de testar a diferença de resistência do solo à penetração entre os solos revolvidos com a pá rotativa e os solos não revolvidos. Os resultados obtidos através das mensurações com o penetrômetro mostram que as parcelas onde o solo não foi revolvido apresentam uma maior resistência à penetração que as parcelas onde os solos foram revolvidos (teste  $t$ , todos  $P < 0,05$ ), com exceção das parcelas caracterizadas por Gleissolo, onde o solo revolvido ( $33,33 \pm 1,16$  kg/cm<sup>2</sup>) e o solonão revolvido ( $31,33 \pm 2,61$  kg/cm<sup>2</sup>) não diferiram entre si ( $t = 0,69$ ,  $P = 0,49$ ).

### **Espécies arbóreas utilizadas**

Para o presente estudo, foram selecionadas duas espécies arbóreas, uma de crescimento rápido e uma de crescimento lento, que naturalmente ocorrem em florestas secundárias. *Campomanesia xanthocarpa* O.Berg. (Myrtaceae) é uma espécie de crescimento lento de ampla ocorrência no Brasil, distribuída nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul, em quase todas as formações florestais. É uma árvore cuja altura varia de 10 a 20 m, com copa alongada e densa. É uma

planta decídua, mesófito até heliófito e seletivo higrófito. É abundante nas partes úmidas das matas de altitude e rara na mata pluvial da encosta atlântica (Lorenzi, 2002).

*Inga edulis* Mart. (Fabaceae) é uma espécie de crescimento rápido que ocorre na região Amazônica e em toda planície litorânea desde o Rio Grande do Norte até o norte de Santa Catarina. É uma árvore que alcança até 25 m, com copa ampla e baixa. É uma planta semidecídua, heliófito, seletivo higrófito, pioneira e se desenvolve bem em solos alagados no período chuvoso. A madeira é utilizada para caixotaria, carvão e para lenha (Lorenzi, 2002).

### **Características das espécies de pastagem**

O gênero *Urochloa* é formado por plantas herbáceas, perenes ou anuais, eretas ou decumbentes (Brito & Rodella 2002), incluindo cerca de 100 espécies que ocorrem nas regiões tropicais e subtropicais dos hemisférios norte e sul. A adaptação das braquiárias, como popularmente são conhecidas, é muito ampla, ocorrendo comumente em vegetação de savana, mas também abrangem várzeas inundáveis, margens de florestas e até regiões semidesérticas (Valle et al. 2008).

*Urochloa arrecta* (Hack. ex T. Durand & Schinz) Morrone & Zuloaga (sin. *Brachiaria subquadripata* (Trin.) Hitchc., *Brachiaria arrecta* (Hack.) Stent.) é uma gramínea introduzida da África, altamente invasora, a qual tornou-se infestante em locais úmidos e pantanosos, incluindo lavouras cultivadas de arroz e beiras de canais no Brasil (Lorenzi 2000). Recentemente, essa espécie tem sido considerada uma das principais invasoras das margens de

reservatórios do estado de São Paulo (Martins et al. 2008) e no Pantanal Matogrossense (Pott & Pott 2003), onde a mesma tem afetado negativamente a diversidade e a composição de espécies de macrófitas nativas (Michelan 2008). Estudos reportam que a alta quantidade de biomassa produzida por esta espécie, aliada à presença de compostos alelopáticos, resistência a extensos períodos de seca e a elevada capacidade de germinação em baixa intensidade luminosa, incrementam seu poder competitivo (Mormul et al. 2011). A sua ampla distribuição, alta eficiência no uso dos recursos ambientais, resistência à inundação temporária e formação de extensos bancos de sementes (Kissmann 1997), faz com que essa espécie seja considerada atualmente uma das maiores preocupações em termos de conservação dos ecossistemas brasileiros (Mormul et al. 2011).

*Urochloa cf humidicola* (Stapf) (Rendle) (Morrone & Zuloaga) é uma espécie nativa da África equatorial com alta adaptabilidade à diversos tipos de solo, dentre eles aqueles com baixa fertilidade e alta umidade (Wenzl et al. 2002). É uma espécie que apresenta alelopátia (Souza Filho et al. 2005), tolerância a inundações (Gibbs-Russell et al. 1990, Soares Filho 1994) e um dos seus principais atributos são os fortes estolões produzidos com a alta habilidade de enraizamento, os quais promovem rápida cobertura do solo (Soares Filho 1994, Valle et al. 2000).

### **Caracterização do solo**

Para o estudo, foram selecionados dois tipos de solo: Gleissolo e Cambissolo. Cambissolos são solos minerais não hidromórficos, constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente ao horizonte superficial. Estes solos apresentam horizonte hístico com espessura inferior a

40cm. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro (EMBRAPA 1999).

Gleissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte glei imediatamente abaixo de horizonte A, ou de horizonte hístico com menos de 40cm de espessura, ou horizonte glei começando dentro de 50cm da superfície do solo. O horizonte glei é um horizonte mineral subsuperficial, ou eventualmente superficial, com espessura de 15cm ou mais, caracterizado por redução de ferro e prevalência do estado reduzido, no todo ou em parte, devido principalmente à água estagnada, o que é evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do horizonte, com ou sem mosqueados de cores mais vivas. Trata-se de um horizonte fortemente influenciado pelo lençol freático e regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica (EMBRAPA 1999).

Para a amostragem de solo nas parcelas, utilizou-se o trado tipo holandês, na profundidade de 0-20 cm, resultando em uma amostra composta de 10 sub-amostras aleatórias em cada uma das 24 parcelas. As análises químicas ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  trocável, P disponível, carbono orgânico e pH em  $\text{CaCl}_2$ ) foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná (DSEA/UFPR), conforme as metodologias descritas em Marques & Motta (2003). A análise granulométrica (areia, silte e argila total)

foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do DSEA/UFPR, conforme as metodologias descritas em EMBRAPA(1997).

A partir dos resultados das análises químicas e físicas calcularam-se a soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação de bases (V), de acordo com EMBRAPA (1997). A avaliação dos parâmetros químicos e físicos foi embasada no Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004).

Tabela 1: Média ( $\pm$  EP) dos parâmetros químicos e físicos de Cambissolo e Gleissolo em áreas de pastagem abandonada, no sudeste do Brasil (Médias testadas através do Teste *t* de Student. ns = não significativo).

<b>Parâmetros dos solo</b>	<b>Cambissolo</b>	<b>Gleissolo</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,05 $\pm$ 0,08	3,88 $\pm$ 0,08	2,28	Ns
Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,46 $\pm$ 0,25	1,73 $\pm$ 0,25	0,57	Ns
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,77 $\pm$ 0,14	1,57 $\pm$ 0,14	0,95	Ns
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,53 $\pm$ 0,06	0,31 $\pm$ 0,06	<b>6,58</b>	<b>0,02</b>
K (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,06 $\pm$ 0,005	0,06 $\pm$ 0,005	0,22	Ns
P (mg/dm <sup>3</sup> )	2,52 $\pm$ 0,64	4,26 $\pm$ 0,64	3,69	Ns
C (g/dm <sup>3</sup> )	14,82 $\pm$ 0,90	16,58 $\pm$ 0,90	1,93	Ns
V (%)	23,75 $\pm$ 1,52	18,08 $\pm$ 1,52	1,85	Ns
SB (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,43 $\pm$ 0,15	1,93 $\pm$ 0,15	2,04	Ns
CTC (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	10,76 $\pm$ 0,86	11,19 $\pm$ 0,86	1,03	Ns
Teor de Areia (g/Kg)	353,71 $\pm$ 65,32	461,33 $\pm$ 65,32	1,36	Ns
Teor de Silte (g/Kg)	108,79 $\pm$ 31,37	155,33 $\pm$ 31,37	1,10	Ns
Teor de Argila (g/Kg)	537,50 $\pm$ 50,70	383,33 $\pm$ 50,70	<b>4,62</b>	<b>0,04</b>

## **Análise dos dados**

Após 12 (doze) meses, foi calculada a taxa de sobrevivência e o crescimento em altura e diâmetro de base para o período. Afim de determinar a diferença entre a sobrevivência e o crescimento das duas espécies nas diferentes condições ambientais testadas, foi realizado um teste *t* pareado que, quando significativo, indicou que as espécies apresentam diferentes respostas em relação ao tratamento.

Para determinar o efeito de cada um dos fatores testados (tipo de solo, tipo de gramínea e manejo de solo, bem como a interação destes fatores sobre o crescimento em altura e diâmetro de base e sobrevivência de *Campomanesia xanthocarpa* e *Inga edulis*, foi realizada uma análise de variância multifatorial aninhada, onde o manejo do solo foi considerado aninhado aos outros fatores. Para testar as possíveis relações entre nutrientes do solo, a sobrevivência e o crescimento da mudas, foi realizada uma análise de redundância (RDA). Para tanto, foi construída uma matriz principal para cada uma das espécies, contendo dados referentes à sobrevivência e a média de crescimento de diâmetro de base e altura. A matriz secundária foi construída com os valores de Ph ( $\text{CaCl}_2$ ),  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ , P,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , C, bem como os dados relacionados aos teores de areia, silte e argila.

## RESULTADOS

### **Efeito do tipo de solo, tipo de gramínea e manejo de solo sobre as espécies arbóreas**

Os resultados da ANOVA multifatorial mostraram que o fator mais importante no sucesso das espécies utilizadas para a restauração de pastagem é o solo. O solo apresentou efeito significativo na sobrevivência, altura e diâmetro de colo de *C. xanthocarpa* e sobre o diâmetro de colo de *I. edulis*, este último afetado também pela tipo de gramínea. A altura de *I. edulis* foi influenciada apenas pelo solo e a sobrevivência não foi afetada por nenhum dos fatores testados. As combinações entre os fatores solo, gramínea e revolvimento não apresentaram efeito significativo na sobrevivência e crescimento de nenhuma das espécies ( $P > 0,05$ ) (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados da ANOVA multifatorial demonstrando o efeito do tipo de solo, espécies de gramínea e manejo de solo na sobrevivência, crescimento em altura e crescimento em diâmetro de colo para *Campomanesia xanthocarpa* and *Inga edulis* em áreas de pastagens abandonada no sudeste do Brasil.

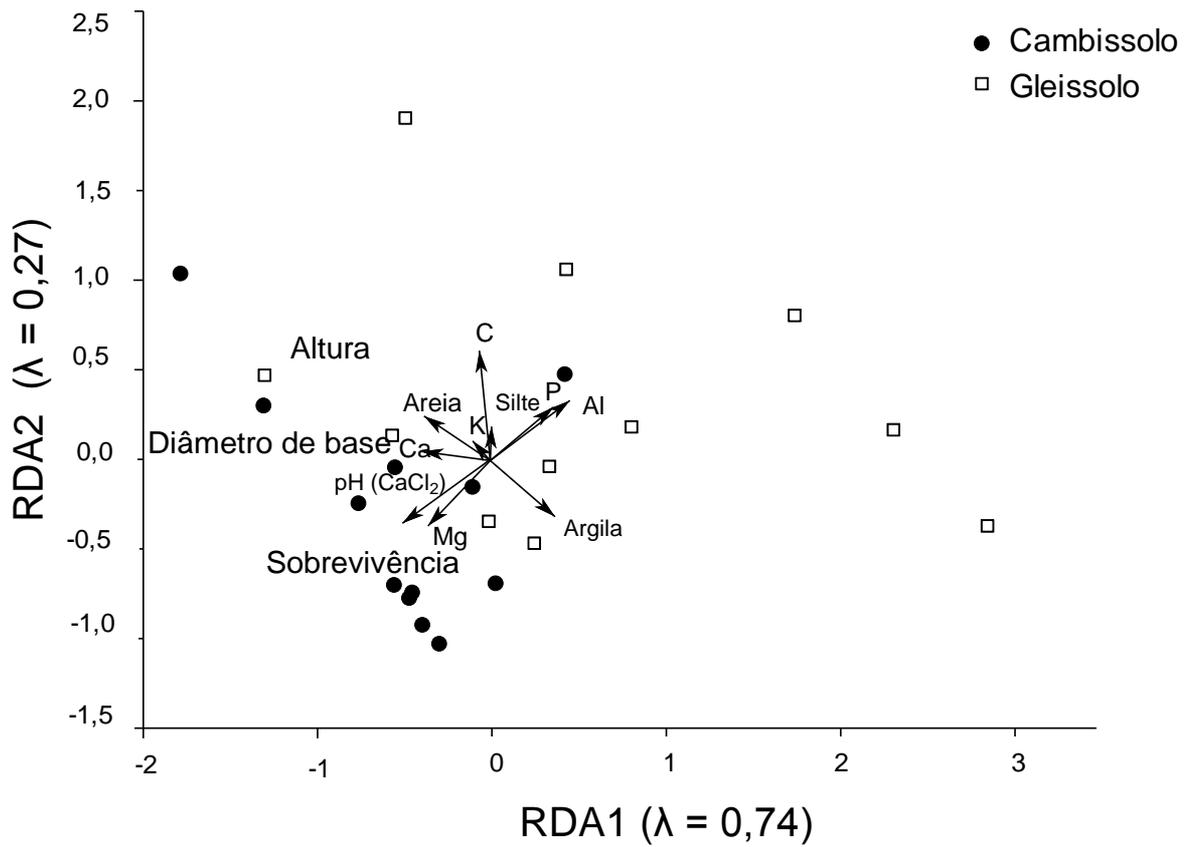
Fonte de variação	<i>C. xanthocarpa</i>			<i>I. edulis</i>		
	GL	F	P	GL	F	P
<b>Sobrevivência</b>						
Solo	1	<b>11,71</b>	<b>0,003</b>	1	2,53	0,13
Gramínea	1	0,47	0,50	1	1,43	0,25
Solo x Gramínea	1	0,28	0,60	1	0,16	0,70
(Solo*Gramínea)/Revolvimento	4	0,27	0,89	4	0,20	0,94
<b>Crescimento em altura</b>						
Solo	1	<b>4,78</b>	<b>0,04</b>	1	<b>5,50</b>	<b>0,03</b>
Gramínea	1	3,19	0,09	1	3,78	0,07
Solo x Gramínea	1	3,73	0,07	1	2,55	0,13
(Solo*Gramínea)/Revolvimento	4	1,46	0,26	4	0,27	0,90
<b>Crescimento em diâmetro do colo</b>						
Solo	1	<b>4,92</b>	<b>0,04</b>	1	<b>13,11</b>	<b>0,002</b>
Gramínea	1	0,13	0,72	1	<b>5,94</b>	<b>0,03</b>
Solo x Gramínea	1	1,66	0,22	1	1,50	0,24
(Solo*Gramínea)/Revolvimento	4	0,74	0,58	4	0,55	0,70

### Efeito dos Nutrientes do solo

A sobrevivência e o crescimento de ambas espécies variou em relação à disponibilidade de nutrientes no solo, como demonstrado pelos biplots da ordenação (Figura 3). Para *Campomanesia xanthocarpa*, o primeiro eixo explica 62,10% da variação do crescimento e sobrevivência da espécie em relação aos parâmetros químicos e físico dos solos, sendo que o crescimento em altura e diâmetro do colo mostraram-se relacionados com maiores teores de areia e Ca, enquanto que a sobrevivência mostrou-se relacionada com teores de Mg e pH (CaCl<sub>2</sub>) (Figura 3a). Para *Inga edulis*, os nutrientes do solo

explicam 36,71% de sobrevivência e crescimento da espécie, sendo que o crescimento em altura e diâmetro apresentaram maior relação com os teores de Ca, Mg e pH(CaCl<sub>2</sub>) enquanto que a sobrevivência apresentou maior relação com teor de areia (Figura 3b).

a)



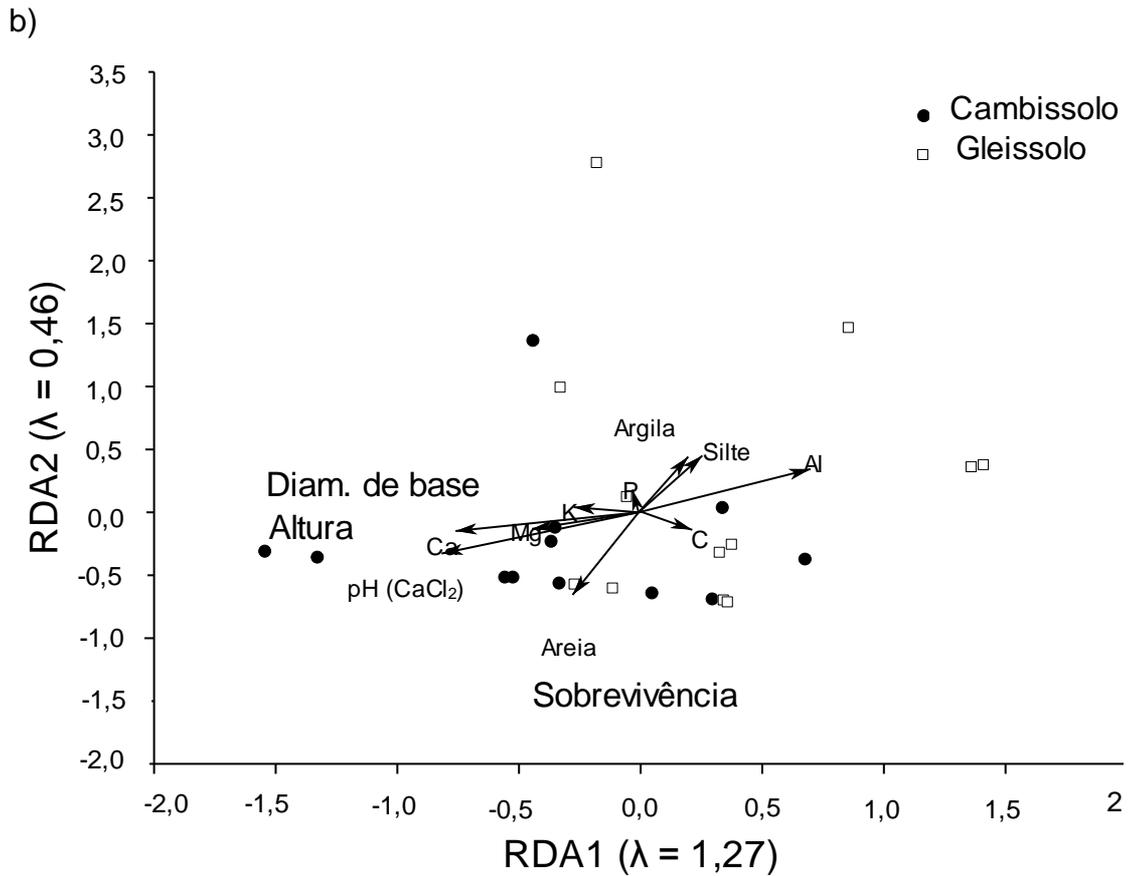


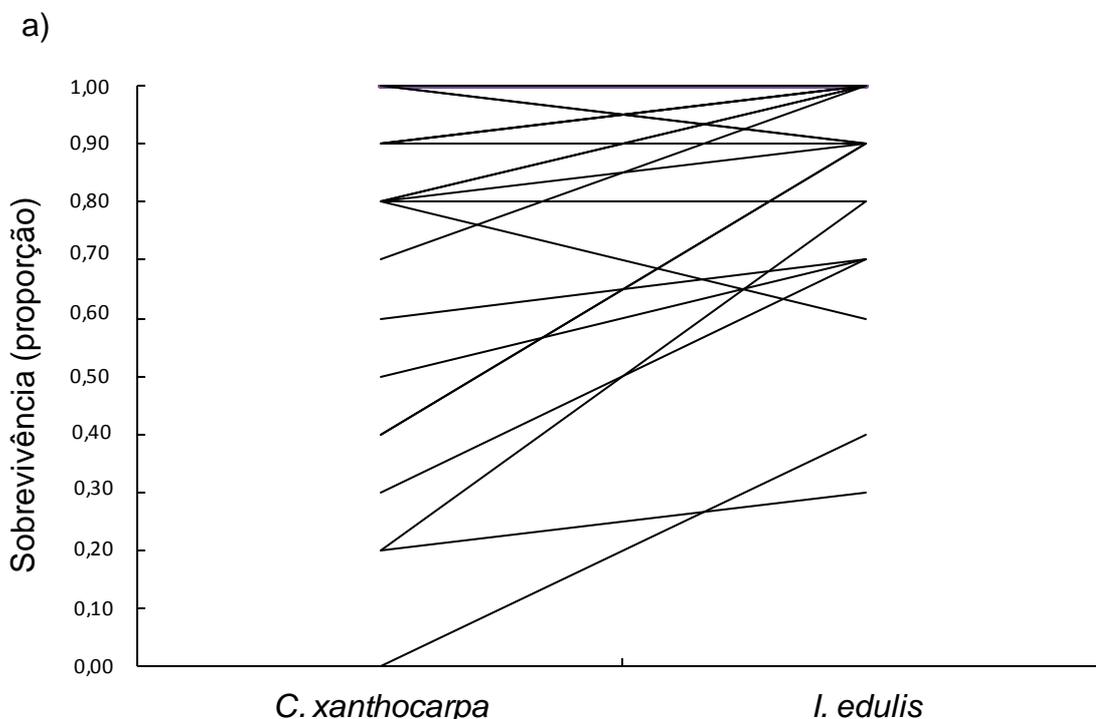
Figura3: Análise de redundância (RDA) ilustrando o efeito dos nutrientes do solo sobre a sobrevivência e o crescimento (altura e diâmetro do colo) de (a) *Campomanesia xanthocarpa* e (b) *Inga edulis* em pastagens abandonadas no Sul do Brasil

### Sobrevivência e crescimento

As sobrevivências de *I. edulis* e *C. xanthocarpa* diferiram entre os tratamentos ( $t = 3,45$ ,  $P < 0,05$ , Figura 4a). Em geral, *I. edulis* apresentou maior sobrevivência em relação à *C. xanthocarpa*. Para as duas espécies, as maiores taxas de sobrevivência foram encontradas nos tratamentos em Cambissolo (Tabela 3). As menores taxas de sobrevivência foram verificadas em Gleissolo para ambas as espécies, sendo que para *C. xanthocarpa*, a sobrevivência no tratamento em *Gleissolo* com *U. arrecta* foi inferior a 50% (Tabela 3).

As médias de crescimento em altura de *I. edulis* e *C. xanthocarpa* também diferiram entre si ( $t = 7,78$ ;  $P < 0,001$ ), sendo que *I. edulis* apresentou maiores taxas de crescimento em todos os tratamentos (Figura 4b). O maior crescimento em altura de ambas espécies foi verificado em Cambissolo com *Urochloa arrecta*. As menores taxas de crescimento em altura para ambas as espécies ocorreram no tratamento Gleissolo com *Urochloa arrecta* (Tabela 3).

Em relação ao incremento em diâmetro, as espécies também diferiram entre si ( $t = 7,69$ ,  $P < 0,001$ ) (Figura 3c). O maior crescimento em diâmetro foi apresentado por *I.edulis* e *C. xanthocarpa* em Cambissolo com *U. arrecta*. *C. xanthocarpa* apresentou as menores taxas de crescimento em diâmetro em Gleissolo com *U.arrecta* não revolvido ( $1,24 \pm 0,32\text{mm}$ ), enquanto *I. edulis* foi em Gleissolo com *U.humidicola* não revolvido (Tabela 3).



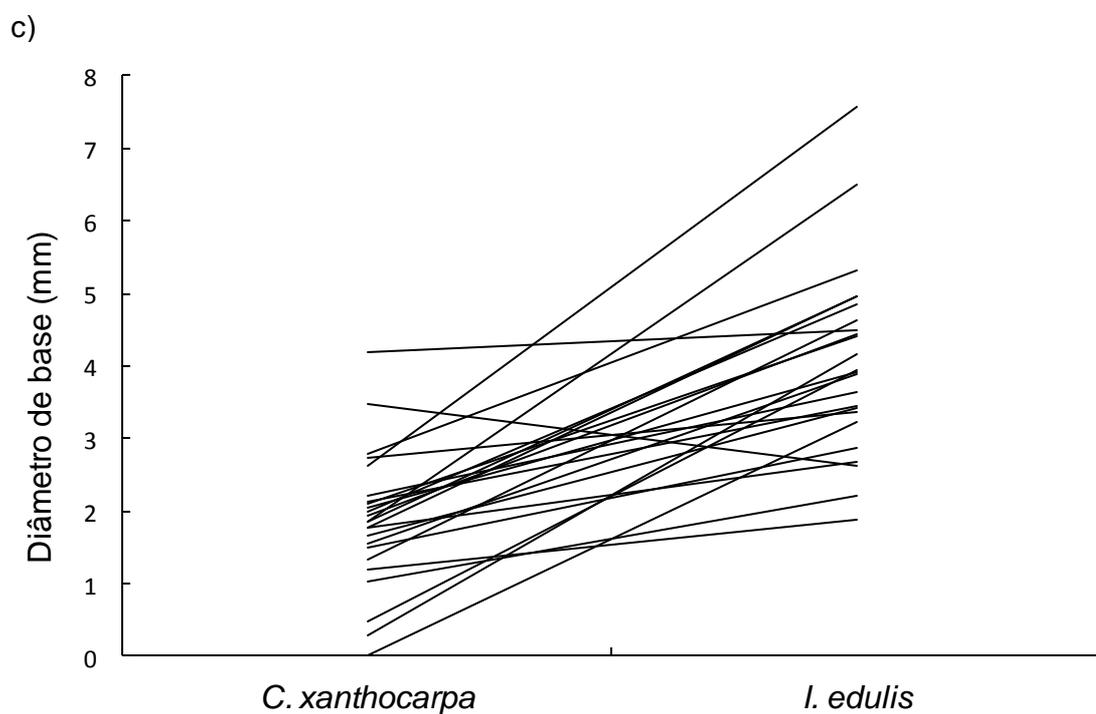
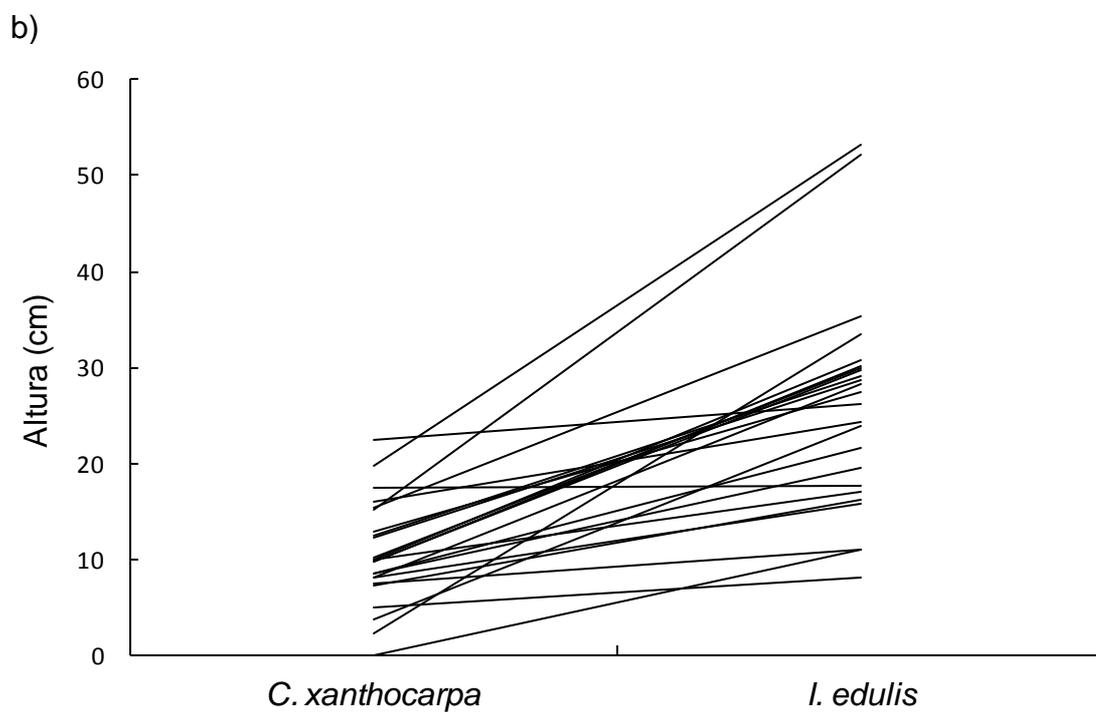


Figura 4: Resultados do Teste t pareado evidenciando a diferença da taxa de sobrevivência (a), do crescimento em altura (b) e do crescimento do diâmetro do colo (c) entre as espécies *Campomanesia xanthocarpa* e *Inga edulis*, nas 12 áreas de pastagens abandonadas no Sul do Brasil.

Tabela 3: Sobrevivência e média de crescimento ( $\pm$  SE) da altura e do diâmetro de colo de *Campomanesia xanthocarpa* e *Inga edulis* no período de 12 meses sob efeito de diferentes tipos de solo (Cambissolo e Gleissolo) e espécies de gramínea (*Urochloa cf humidicola* e *Urochloa arrecta*), em áreas de pastagem abandonada no sul do Brasil. Solos: CAMB = Cambissolo, GLEI = Gleissolo; Espécie de gramínea: HUM = *Urochloa cf humidicola*, ARR = *Urochloa arrecta*. N=30

<b>Espécie</b>	<b>Solo + Gramínea</b>	<b>Manejo do solo</b>	<b>Sobrevivência (%)</b>	<b>Altura (mm)</b>	<b>Diâmetro (cm)</b>
<b>C.</b>					
<b><i>xanthocarpa</i></b>	CAMB + HUM	não revolvido	83	8,85 $\pm$ 1,21	1,98 $\pm$ 0,22
		revolvido	100	9,54 $\pm$ 0,98	1,96 $\pm$ 0,22
	CAMB + ARR	não revolvido	90	14,44 $\pm$ 1,74	2,19 $\pm$ 0,26
		revolvido	83	17,32 $\pm$ 2,11	2,80 $\pm$ 0,33
	GLEI + HUM	não revolvido	57	8,67 $\pm$ 1,22	1,45 $\pm$ 0,22
		revolvido	57	14,46 $\pm$ 1,79	2,83 $\pm$ 0,37
	GLEI + ARR	não revolvido	47	12,03 $\pm$ 2,32	1,69 $\pm$ 0,55
		revolvido	40	5,87 $\pm$ 1,91	1,24 $\pm$ 0,44
<b><i>I. edulis</i></b>	CAMB + HUM	não revolvido	93	19,99 $\pm$ 2,39	3,49 $\pm$ 0,27
		revolvido	100	26,55 $\pm$ 2,61	4,58 $\pm$ 0,25
	CAMB + ARR	não revolvido	90	38,65 $\pm$ 4,72	5,38 $\pm$ 0,42
		revolvido	90	37,56 $\pm$ 4,25	5,78 $\pm$ 0,58
	GLEI + HUM	não revolvido	80	21,19 $\pm$ 3,09	3,09 $\pm$ 0,28
		revolvido	83	22,70 $\pm$ 3,04	3,12 $\pm$ 0,3
	GLEI + ARR	não revolvido	73	18,89 $\pm$ 3,36	3,30 $\pm$ 0,27
		revolvido	67	22,25 $\pm$ 3,31	3,76 $\pm$ 0,32

## DISCUSSÃO

O estudo da influência das características do solo, espécies de gramíneas utilizadas e manejo de solo, sobre o crescimento e sobrevivência de árvores nativas em áreas de pastagem abandonada no sul do Brasil, mostrou que o solo foi o principal fator a afetar negativamente o crescimento e a sobrevivência de mudas, seguido pelo tipo de gramínea utilizada para pastagem. Embora outros estudos apontem que a presença de gramíneas forrageiras é o principal fator limitante para a sobrevivência e crescimento de espécies florestais utilizadas para restauração em florestas tropicais (Sun & Dickinson 1996, Posada et al. 2000, Holl et al. 2000, Otsamo 2002, Jones et al. 2004, Hooper et al. 2005), na região de estudo, as condições edáficas são mais importantes, mostrando que a escolha de espécies adaptadas às condições do solo é essencial para o sucesso da restauração.

O efeito significativo do solo sobre a sobrevivência e crescimento de *C. xanthocarpa* e sobre o crescimento de *I. edulis*, permite inferir que a disponibilidade de nutrientes solos ou a disponibilidade de água estão diretamente relacionados com o sucesso da restauração na área de estudo. De acordo com Furtini Neto et al. (1999), na fase inicial de crescimento de mudas, a demanda por nutrientes é mais intensa. Assim, a baixa fertilidade, o caráter distrófico ( $V < 50\%$ ), o baixo pH e a baixa capacidade de troca catiônica (CTC) apresentados pelos solos avaliados, provavelmente dificultaram a absorção de nutrientes e consequente desempenho das mudas. Estes resultados corroboram com Mello et al. (2009), que avaliando a capacidade de acúmulo de nutrientes em espécies florestais em fragmentos florestais montanos da Floresta Atlântica, também concluiu que o balanço de

macronutrientes no solo são fatores limitantes ao crescimento de espécies em fragmentos florestais.

O crescimento de *I. edulis* foi afetado também pelo tipo de gramínea utilizada para pastagem, corroborando com trabalhos que sugerem que gramíneas forrageiras influenciam negativamente a regeneração natural em florestas tropicais (Holl et al. 2000; Zimmerman et al. 2000; Asquith 2002). A influência da espécie de pastagem sobre o crescimento do diâmetro de base de *Inga edulis* deve-se provavelmente às características competitivas apresentadas pelas gramíneas forrageiras (Moraes & Pereira 2003), dentre elas o rápido crescimento, que propicia a formação de grande massa foliar, a alta capacidade de enraizamento, que promove rápida cobertura do solo e favorece sua competição com outras plantas (Kissmann 1997; Vilela 2005), a tolerância a solos com déficit nutricional (Vieira & Pessoa 2001; Elemans 2004) e a propagação vegetativa (Miles et al. 1996).

Apesar da diferença em relação à resistência à penetração em solos revolvidos e não revolvidos ter sido significativa (teste *t*, todos  $P < 0,05$ ), o revolvimento do solo não influenciou o crescimento e a sobrevivência das mudas, provavelmente pelo fato do período avaliado não ter sido o suficiente para que as raízes das plântulas se expandissem além do tamanho das covas onde foram plantadas. Este resultado corrobora com Mattei (1995), que ao avaliar a influência do preparo de solo sobre o crescimento de espécies semeadas com semeadura direta, concluiu que o revolvimento do solo não afetou as taxas de sobrevivência e crescimento das mudas.

Foi verificado que a sobrevivência e o crescimento de ambas espécies variaram em relação à disponibilidade de nutrientes no solo. O crescimento

em altura e diâmetro de base de *C. Xanthocarpa* mostrou-se mais relacionado com teores de areia e Ca, enquanto que a sobrevivência mostrou-se mais relacionada com Mg e pH (CaCl<sub>2</sub>). Em estudo realizado por Winckler et al. (2006), que comparou a eficiência de macronutrientes em espécies arbóreas no sul do Brasil, *C. xanthocarpa* apresentou baixo índice de eficiência de K, Ca e Mg para a produção de biomassa e componentes lenhosos. Estas características, associadas à baixa disponibilidade de Ca, P K e Mg apresentados pelos solos na área de estudo, devem refletir diretamente no crescimento e sobrevivência desta espécie.

Em *I. edulis*, o crescimento em altura e diâmetro apresentou maior relação com os teores de Ca, Mg e pH(CaCl<sub>2</sub>) enquanto que a sobrevivência apresentou maior relação com teor de areia. Alguns estudos mostram que *Inga edulis* apresenta elevada eficiência na utilização dos elementos P, K e N, essenciais para a produção de biomassa (Felseburgh 2006; Bahia 2009). Apesar destes elementos não terem sido todos avaliados no presente estudo, é possível que tenham também atuado positivamente no crescimento desta espécie.

Os baixos valores de pH apresentados pelos solos avaliados ( $4,05 \pm 0,08$  em Cambissolo e  $3,88 \pm 0,08$  em Gleissolo) também influenciaram a sobrevivência e crescimento de *C. xanthocarpa* e *I. edulis*. De acordo com Kampf (2000), solos ácidos reduzem sensivelmente a atividade de bactérias e actinomicetos nos solos, provocando a diminuição de nitratos e sulfatos, contribuído com a diminuição dos teores de N, Ca, Mg e K no solo e sua consequente absorção por plantas. Os resultados do presente estudo corroboram também com Furtini Neto et al. (1999), que ao estudar a

influência da acidez do solo sobre o crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas nativas em fase de muda, encontrou que o baixo pH e a deficiência nutricional de Ca, Mg e P, influenciam diretamente no crescimento das plantas e implicam em menor crescimento.

O cálcio apresentou relação com o crescimento de ambas espécies. Apesar da concentração mínima de cálcio na solução do solo capaz de manter o crescimento variar entre as espécies (Kinraid et al. 1985; Vale et al. 1996), de acordo com Marschner (1991), este requerimento aumenta com pH mais baixos. Sendo assim, o baixo pH encontrado em ambos os solos do estudo, também pode estar influenciando a disponibilidade e a necessidade de cálcio pelas mudas, influenciando diretamente no crescimento.

*I. edulis* apresentou maiores taxas de sobrevivência e crescimento em relação à *C. xanthocarpa* em todos os tratamentos. Estes resultados corroboram com Davide et al. (1996), que ao estudar o sucesso de uma espécie de mesmo gênero para restauração de áreas inundáveis degradadas (*Inga affinis*), encontrou elevado índice de sobrevivência (em torno de 100%) e maior altura que as demais espécies utilizadas, demonstrando que a mesma é adaptada às condições de encharcamento e inundação. O melhor desempenho apresentado por *Inga edulis* pode também estar associado ao potencial desta espécie em se associar à bactérias fixadoras de nitrogênio e a fungos micorrízicos (Mendes 2004; Leblanc et al. 2007; Chaer 2011). De acordo com Franco (1995), em solos com déficit nutricional, a capacidade de se associar a bactérias fixadoras de nitrogênio e a fungos micorrízicos tem um papel importante no processo de estabelecimento de espécies arbóreas, uma vez que contribuem para o crescimento das plantas, constituindo-se

portanto em vantagens se comparadas com outras espécies. O melhor desempenho de *Inga edulis* nos dois solos corrobora também com outros estudos que relatam que espécies de grupos ecológicos de crescimento rápido apresentam maior eficiência na absorção e utilização de nutrientes quando comparadas às espécies de grupos ecológicos de crescimento mais lento (Gonçalves et al. 1992; Silva et al. 1996).

As menores taxas de sobrevivência e crescimento apresentados por *C. xanthocarpa* deve-se, provavelmente, à sua menor capacidade de absorção de nutrientes e eficiência de utilização dos mesmos, como comprovado por Winckler et al. (2006). Outros estudos que utilizaram esta espécie para a recuperação de áreas degradadas, também encontraram resultados de baixo desempenho (Souza et al. 2006, Knapik & Maranhão 2007; Curcio 2007).

Para ambas espécies, as maiores taxas de sobrevivência e crescimento foram encontradas nos tratamentos em Cambissolo e as menores taxas foram verificadas em Gleissolo. Levando-se em consideração que os solos analisados mostraram poucas diferenças entre si com relação aos teores de nutrientes e características físicas, diferindo apenas em relação ao teor de argila ( $537,50 \pm 50,70$  g/Kg para Cambissolo e  $383,33 \pm 50,70$  g/Kg para Gleissolo) e magnésio ( $0,53 \pm 0,06$  cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> para Cambissolo e  $0,31 \pm 0,06$  cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> para Gleissolo), o menor desempenho das mudas em Gleissolo deve-se provavelmente ao perfil hidromórfico fortemente influenciado pelo nível de lençol freático, à constante presença de água no perfil do solo e à baixa disponibilidade de nutrientes, características destes solos (Jacomine 2001, Rocha et al. 2005). Estas características diminuem o

oxigênio dissolvido no solo (Melo 2003, Mandari 2004) e afetam diretamente as atividades metabólicas, o crescimento da raiz e, conseqüentemente, o desempenho das plântulas (Koslowski 1984, Taiz & Zeiger 2004; Shulze et al. 2005). A inibição do crescimento em condições de hipoxia por alagamento também já foi observado em outras espécies arbóreas tropicais da Mata Atlântica, como *Schyzolobium parahyba* (Vell.) Blake (Hook 1984), *Cedrela fissilis* Vell. (Marques et al. 1992), *Jacaranda puberula* Cham. (Pimenta et al. 1996), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Medri et al. 1998), *Celtis iguanae* (Pilati & Souza 2006) *Tabebuia heptaphylla* (Gregorio et al. 2006), *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (Medri et al. 2007). Neste contexto, apesar dos baixos teores de nutrientes disponíveis, os Cambissolos conferem melhores condições de desenvolvimento para as mudas quando comparadas ao Gleissolo, que além do déficit nutricional, está sujeito a inundações. Em estudo realizado por Pozzobon et al. (2010), que comparou a sobrevivência e crescimento de espécies arbóreas em Neossolo e Gleissolo, também concluiu que, apesar do déficit nutricional característico dos dois solos, as diferenças geomorfológicas e pedológicas, principalmente o regime hidromórfico, podem propiciar taxas de crescimento distintas entre espécies arbóreas.

Levando-se em consideração a grande diversidade de espécies florestais associadas à heterogeneidade dos solos em regiões tropicais, estudos que busquem avaliar a nutrição do solo, bem como a capacidade das espécies nativas em absorver nutrientes do solo, são cruciais para o sucesso da restauração de áreas degradadas. A hidromorfia é também um forte fator limitante ao crescimento de espécies vegetais (Taiz & Zeiger 2004; Shulze et

al. 2005; Curcio 2007; Pozzobon 2010). Assim, torna-se importante o estudo da tolerância ou resistência de espécies a alagamentos temporários ou duradouros, como sugerido por Medri et al.(2002), a fim de se obter melhores resultados em projetos de restauração ecológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aide, T. M., and J. Cavalier. 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology* 2:219-229.
- Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Herrera, L. Rosario, M., Serrano, M. 1995. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 77:77-85.
- Aide, T. M., J. K. Zimmerman, J. B. Pascarella, L. Rivera, and H. Marcano Vega. 2000. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. *Restoration Ecology* 8:328-338.
- Asquith, N. M. 2002. La dinamica del bosque y la diversidad arborea. Pages 379-403 in M. R. Guariguata and G. Kattan, editors. *Ecologia y Conservación de Bosques Neotropicales*. Ediciones LUR, Mexico.
- Bahia, N. D. 2009. Avaliação nutricional do desempenho de *Inga edulis* Mart. e *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez. implantadas em áreas alteradas por pastagens no município de Antonina – PR. Dissertação. Universidade Federal do Paraná.
- Benayas, J. M. R. Newton, A. C., Diaz, A., Bullock, J. M. 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science* 325:1121-1124.
- Brito, C. J. F. A., and Rodella, R. A. 2002. Caracterização morfo-anatômica da folha e do caule de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 25:221-228.

- Brown, S. and Lugo, A. E. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of tropical ecology* 6:1-32.
- Camargo, O. A. and Alleoni, L. R. F. 1997. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. ESALQ, Piracicaba, SP.
- Canillas, E. C., and Salokhe, V. M. 2002. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. *Soil Tillage Research* 65:221-230.
- Chaer, G. M. et al. 2011. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiology* 31:139-149.
- Chazdon R.L., 2008. Chance and determinism in tropical forest succession. Pages 384-408 in W.P. Carson and S.A. Schnitzer, editors. *Tropical forest community ecology*. Wiley Blackwell Publishing, Oxford.
- Cheung, K. C., Marques, M. C. M. & Liebsch, D. 2009. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. *Acta botanica brasílica* 23:1048-1056.
- Cheung, K. C., Liebsch, D. & Marques, M. C. M. 2010. Forest recovery in newly abandoned pastures in southern Brazil: implications for the Atlantic Rain Forest resilience. *Natureza & Conservação* 8: 66-70.
- Curcio, G. R.; Souza, L. P.; Bonnet, A.; Barddal, M. L. 2007. Recomendação de espécies arbóreas nativas, por tipo de solo, para recuperação ambiental das margens da represa do Rio Iraí, Pinhais, PR. *Revista Floresta* 37: 113-122.

- Davide, A.C., Botelho, S.A., Faria, J. M. R., Prado, N. J. S. 1996. Comportamento de espécies florestais de mata ciliares em áreas de depleção do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargo – Itutinga, MG. *Revista Cerne* 2: 26-39.
- Dexter, A.R., and Watts, C. 2000. Tensile strength and friability. Pages 401-430 in K. Smith and C. Mullins, editors. *Soil and environmental analysis, physical methods*, New York.
- Doust, S. J., Erskine, P. D., Lamb, D. 2008. Restoring rainforest species by direct seeding: tree seedling establishment and growth performance on degraded land in the wet tropics of Australia. *Forest Ecology and Management* 256:1178-1188.
- Elemans, M. 2004. Light, nutrients and the growth of herbaceous forest species. *Acta Oecologica* 26:197-202.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de métodos de análises de solo. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, EMBRAPA, Rio de Janeiro.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. Serviço de Produção de Informações. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA, Brasília.
- Engel, V. L., and Parrotta, J. A. 2001. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central Sao Paulo state, Brazil. *Forest Ecology and Management* 152:169–181.
- Epstein, E. 1975. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. EDUSP, São Paulo.

- Felsemburgh, C. A. 2006. Nitrogênio total em folhas e sua relação com o incremento em biomassa de florestas primária e manejada na Amazônia Central. Dissertação. INPA/Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- Ferretti, A. R. and Britez, R. M. 2005. A restauração da Floresta Atlântica no litoral do estado do Paraná: os trabalhos da SPVS. Pages 87-102 in A. P. M. Galvão and Porfírio-da-Silva, editors. Restauração Florestal: fundamentos e estudos de caso. Embrapa.
- Ferretti, A. R. and Britez, R. M. 2006. Ecological restoration, carbon sequestration and biodiversity conservation: The experience of the Society of Wildlife Research and Environmental Education (SPVS) in Atlantic Forest of Southern Brazil. *Journal of Nature Conservation* 14: 249-259.
- Ferguson, B. G., J. Vandermeer, H. Morales, and D. M. Griffith. 2003. Post agricultural succession in El Peten, Guatemala. *Conservation Biology* 17:818–828.
- Fernandes, D. N., and Sanford Jr., R. L. 1995. Effects of recent land-use practices on soil nutrients and succession under tropical wet forest in Costa Rica. *Conservation Biology* 9: 915-922.
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution* 11:119–124.
- Florentine S. K. and Westbrooke M. E. 2004. Restoration on abandoned tropical pasturelands do we know enough? *Journal of Nature Conservation* 12:85-94

- Furtini Neto, A E.; Resende, A. V. ; Vale, F. R.; Faquin, V.; Fernandes, L. A. 1999. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. *Revista Cerne* 5:001-012.
- Franco, A. 1995. Fixação biológica do nitrogênio na agricultura tropical. Pages 505-523 in V. H. Alvarez; L. E. Fontes; M. P. Fontes, editors. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG.
- Hooper, E., Condit R., Legendre, P. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications* 12:1626–1641.
- Gibbs Russell, G.E., Watson, L., Koekemoer, M., Smook, L., Barker, N.P., Anderson, H.M. & Dallwitz, M.J. 1990. Grasses of southern Africa. *Memoirs of the Botanical Survey of South Africa*.
- Gomez - Pompa, A. and Vasquez-Yanes, C. 1981. Successional studies of a rain forest in Mexico. Pages 246-266 in D. C. West, H. H. Shugar, D. B. Botkin. *Forest Sucession – concepts and applications*. Springer-Verlag, New York.
- Gonçalves, J. L. M., Freixêdas, V. M., Kageyama, P. Y. 1992. Produção de biomassa e sistema radicular de espécies de diferentes estágios sucessionais. *Revista do Instituto Florestal* 4:363-367.
- Gregório, T. A., Gobbo, L.G., Cardoso, J. F., Demuner V. G., Hebling, S. A. 2006. Efeito do alagamento sobre o crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Ipê-rosa). *Natureza online* 6(2):91-98. URL <http://www.naturezaonline.com.br> [accessed on 01 October 2012]

- Guariguata, M., and M. A. Pinard. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: implications for natural forest management. *Forest Ecology and Management* 112:87–99.
- Guariguata, M. R., and Ostertag, R. 2002. Sucesión secundaria. Pages 591-618 in M. R. Guariguata, G. H. Kattan, editors. *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Ediciones LUR, Mexico.
- Guimarães, C.M.; Stone, L.F.; Moreira, A.A.J. 2002. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 6:213-218.
- Holl, K. D. 1998. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management* 109:187–195.
- Holl, K. D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pastures: seed rain, seed germination, microclimate and soil. *Biotropica* 31:229–249.
- Holl, K. D., Loik M. E., Lin, E. H. V., Samuels I. A. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8:339–349.
- Holl K. D, 2002. Effect of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology* 90:179-187.
- Holl, K. D. and Aide, T. M. 2011. When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management* 261(10):1558-1563.

- Hook, D.D. 1984. Adaptations to flooding with fresh water. Pages 265-294 in T.T. Kozlowski, editor. Flooding and Plant Growth. Academic Press, London.
- Hooper, E., R. Condit, and P. Legendre. 2002. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications* 12:1626–1641.
- Hooper, E., Legendre, P. and Condit, R. 2005. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. *Journal of Applied Ecology* 42:1165-1174.
- Instituto Agrônômico do Paraná. 2011. Médias históricas em estações do IAPAR. Base de dados. URL <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=107> [Accessed on 21 May 2012].
- Jacomine, P. K. T. Solos Sob Matas Ciliares. 2001. Pages 27-31 in R. R. Rodrigues, H. F and Leitão Filho, editors. *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Jones, E. R., M. H. Wishnie, J. Deago, A. Sautu, and A. Cerezo. 2004. Facilitating natural regeneration in *Saccharum spontaneum* (L.) grasslands within the Panama Canal Watershed: effects of tree species and tree structure on vegetation recruitment patterns. *Forest Ecology and Management* 191:171–183.
- Kinraid, T.B.; Arnold, R.C.; Baligar, V.C. 1985. A rapid assay for aluminium phytotoxicity at submicromolar concentrations. *Physiologia Plantarum* 65(3):245-250.
- Kissmann, K.G. Plantas infestantes e nocivas. 1997. 2. Basf S. A., São Paulo.

- Knapik, P. and Maranhão, L.T. 2007. Avaliação da Revegetação em Área de Mineração, Região de Inundação do Rio Iguaçu, Araucária, PR. *Revista Brasileira de Biociências* 5:507-509.
- Kozłowski, T.T. 1984. Responses of Woody Plants to Flooding. Pages 129-163 in T.T. Kozłowski, editor. *Flooding and Plant Growth*. Academic Press, New York.
- Laliberté, E., Cogliastro, A., Bouchard, A. 2008. Spatiotemporal patterns in seedling emergence and early growth of two oak species direct-seeded on abandoned pastureland. *Annals of Forest Science* 65(4): 407.
- Lambers, H., Chapin III, F.S., Pons, T.L. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer, New York.
- Lebert, M., and Horn, R. 1991. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. *Soil and Tillage Research* 19:275-286.
- Leitão, H. M F., Marques, M. C. M. & Ceccon, E. 2010. Young restored forests increase seedling recruitment in abandoned pastures in the Southern Atlantic rainforest. *Revista de Biología Tropical* 58(4):1271-1282.
- Leblanc, H. A.; McGraw, R. L.; Nygren, P. 2007. Dinitrogen-fixation by three neotropical agroforestry tree species under semi-controlled field conditions. *Plant Soil* 291:199-209.
- Lima, C.L.R. Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada. 2004. Tese. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- Lorenzi, H. 2000. *Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. Instituto Plantarum, Nova Odessa, Brasil.

- Lorenzi, H. 2002. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo das plantas arbóreas nativas do Brasil. Instituto Plantarum, Nova Odessa, Brasil.
- Madari, B. E. 2004. Fracionamento de Agregados: Procedimento para uma estimativa compartimentada do sequestro de carbono no Solo. Comunicado Técnico, EMBRAPA, Rio de Janeiro.
- Marenco, R. A., and Lopes, N. F. 2005. Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Editora UFV, Viçosa, MG.
- Marques, R., and Motta, A.C.V. Análise química de solo para fins de fertilidade. 2003. Pages 81-102 in Lima, M.R.; Sirtoli, A.E.; Serrat, B.M.; Wisniewski, C.; Almeida, L.; Machado, M.A.M.; Marques, R.; Motta, A.C.V.; Krieger, K.I.; Oliveira, A.C.; Ferreira, F.V., editors. Manual de Diagnóstico da Fertilidade e Manejo dos Solos Agrícolas. UFPR, Curitiba.
- Marques, M. C. M., Pimenta, J. A., Colli, S. 1992. Germinação de *Cedrela fissilis* Vell. e *Parapiptadenia rigida* (Benth) Bren. após pré-tratamento em condições hipóxicas e posterior estocagem a seco. Anais do 20º Congresso Nacional sobre Essências Nativas.
- Marschner, H. 1991. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. *Plant and Soil* 134(1):1-20.
- Martins A. M. and Engels, V. L. 2007. Soil seed bank in tropical forests fragments with different disturbance history in southern Brazil. *Ecological Engineering* 31: 165-174.
- Martins, D., Costa, N. V., Terra, M. A. & Marchi, S. R. 2008. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios

- pertencentes a cinco bacias hidrográficas do estado de São Paulo. *Planta Daninha* 26: 17-32.
- Mattei, V. 1995. Preparo do solo e uso de protetor físico na implantação de *Cedrela fissilis* V. e *Pinus taeda* L., por semeadura direta. *Revista Brasileira de Agrociência* 1(3):127-132.
- Medri, M. E., Bianchini, E., Pimenta, J. A., Delgado, M. F., Correa, G. T. 1998. Aspectos morfo-anatômicos e fisiológicos de *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub. submetida ao alagamento e à aplicação de ethrel. *Revista Brasileira de Botânica* 21: 261-267.
- Medri, M. E., Ferreira, A. C., Kolb, R. M., Bianchini, E., Pimenta, J. A., Davansofabro, V. M., Medri, C. 2007. Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. *Acta Scientiarum - Biological Sciences* 29:15 - 22.
- Medri, M. E., Bianchini, E., Pimenta, J. A.; Colli, S., Muller, C. 2002. Estudos sobre a tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. Pages 133-172 in M. E. Medri, E. Bianchini, O. A. Shibatta, J. A. Pimenta, editors. *A bacia do Rio Tibagi*, Londrina.
- Melo, A. W. F. 2003. Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre. Dissertação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Mello, G. C., Gama-Rodrigues, A. C., Gama-Rodrigues, E. F., Velloso, A. 2009. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em Florestas Montana da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 33:1175-1185.

- Mendes, P. F. 2004. Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano. Tese. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Merotto, A.J., Mundstock, C.M. 1999. Wheat root growth as affected by soil strength. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 23:197-202.
- Michelan, T. S. 2008. Efeito de *Urochloa subquadripara* (Trin.) Hitchc., uma poaceae exótica e invasora, sobre a diversidade e composição de macrófitas aquáticas de ambientes da bacia do rio Paraná. Monografia. Universidade Estadual de Maringá.
- Miles, J. W., Maass, B. L., Valle, C. B., Kumble, V. 1996. *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. CIAT/Brasilia, EMPRAPA-CNPGC.
- Moraes, L.F.D. and Pereira, T.S. 2003. Restauração ecológica em unidades de conservação. Pages 297-305 in P, Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L.F. D. Moraes, V. L. Engel, F. B. Gandara. *Restauração Ecológica de Ecosystemas Naturais*, FEPAF, Botucatu.
- Mormul, R. P.; Michelan, T. S.; Thomaz, S. M. 2011. Espécies exóticas e invasoras no Brasil: a grande preocupação com macrófitas aquáticas. *Boletim Ablimno* 39(1):1-3.
- Otsamo, A. 2002. Early effects of four fast-growing tree species and their planting density on ground vegetation in Imperata grasslands. *New Forests* 23:1–17.
- Parrotta, J. A., and O. H. Knowles. 2001. Restoring tropical forests on lands mined for bauxite: examples from the Brazilian Amazon. *Ecological Engineering* 17:219–239

- Pilati, R.; de Souza, L. A. 2006. Morfo-anatomia do desenvolvimento de *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg. (ulmaceae) submetida ao alagamento e a submersão. *Acta Científica Venezuelana* 57(1): 28-35.
- Pimenta, J. A.; Medri, M. E.; Bianchini, E.; Muller, C.; Okamoto, J. M.; Francisconi, L. M. J.; Correa, G. T. 1996. Aspectos da morfoanatomia e fisiologia de *Jacaranda puberula* Cham.(Bignoniaceae) em condições de hipoxia. *Revista Brasileira de Botânica* 19(2):215-220.
- Pivello V.R., Shida C.N. & Meirelles S.T. 1999. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to biodiversity. *Biodiversity & Conservation* 8:1281-1294.
- Posada, J., Aide, T. M. Cavalier, J. 2000. Cattle and weedy shrubs as restoration tools for tropical mountain rainforest. *Restoration Ecology* 8: 370-379.
- Pott, V. J., and Pott, A. 2003. Dinâmica da vegetação aquática do Pantanal. Pages 299-317 in S. M. Thomaz and M. L. Bini, editors. *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*, Eduem, Maringá.
- Pozzobon, M., Curcio, G.R., Uhlmann, A., Galvão, F., Zimmer, E. 2010. Restauração de planícies do rio Itajai-Acu, SC: sobrevivencia e crescimento inicial de especies arbóreas nativas por tipo de solo. *Pesquisa Florestal Brasileira* 30(63):171-189.
- Pugnaire, F.I., and Valladares, F. 2006. *Functional Plant Ecology*, New York, London, CRC Press.
- Rasiah, V., Florentine, S. K., Williams, B. L., & Westbrooke, M. E. 2004. Soil properties dynamics under abandoned pasture in deforested tropical rain-forest in Australia. *Geoderma* 120:35–45.

- Rocha, H. O., Cardoso, A., Schimidlin, D., Rocha, A. J. 2005. Levantamento de Solos da Reserva Rio Cachoeira. Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental, Plano de Manejo da Reserva Natural Rio Cachoeira, Encartes I, II e III, Curitiba.
- Sampaio A. B., Holl, K. D., Scariot, A. 2007. Does restoration enhance regeneration of deciduous forests in pastures in central Brazil? *Restoration ecology* 15: 462-471.
- Shulze, E. D., Beck, E., Muller-Hohenstein, K. 2005. *Plant Ecology*. Springer.
- Silva, I.R., Furtini Neto, A.E., Vale, F.R., Curi, N. 1996. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 20(2):257-264.
- Soares Filho, C.V. 1994. Recomendações de espécies e variedade de *Brachiaria* para diferentes condições. Anais do 7º Simpósio sobre Manejo de Pastagem, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul/Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 2004. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, Porto Alegre.
- Sousa, L.P., Curcio, G. R., Dedecek, R. A., Wendling, I., Lavoranti, O. J. 2006. Avaliação do crescimento de espécies arbóreas nativas em solo reconstituído e compactado: Rodovia BR-277, Porto Amazonas, PR. Embrapa Florestas, Colombo.
- Souza Filho, A. P. S.; Pereira, A. A. G.; Bayma, J. C. 2005. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. *Planta Daninha* 23(1):25-32.

- Spera, S.T., Santos, H.P., Fontaneli, R.S., Tomm, G.O. 2004. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Revista Brasileira Ciência do Solo* 28:533-542.
- Sun, D. and Dickinson, G. R. 1996. The competition effect of *Brachiaria decumbens* on the early growth of direct-seeded trees of *Alphitonia petriei* in tropical north Australia. *Biotropica* 28:272–276.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2004. *Fisiologia vegetal*. Artmed.
- Vale, F.R., Furtini Neto, A.E., Renó, N.B., Fernandes, L.A., Resende, A.V. 1996. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 31(9): 609-616.
- Valle, C.B., Euclides, V.P.B., Macedo, M.C.M. 2000. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. Anais do 17º Simpósio sobre manejo de pastagem. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Valle, C. B., Simione, C., Resende, R. M. S., Jank, L. Chiari, L. 2008. Melhoramento genético de *Brachiaria*. Pages 13-53 in R. M. S. Resende, C. B. Valle, L. Jank, editors. *Melhoramento de forrageiras tropicais*. Embrapa, Campo Grande.
- Vieira, C. M. and Pessoa, S. V. A. 2001. Estrutura florística do estrato herbáceo-subarbustivo de um pasto abandonado na Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, RJ. *Rodriguésia* 52: 17-30
- Vilela, H. 2005. *Pastagem: seleção de plantas forrageiras, implantação e adubação*. Viçosa, MG.

- Wenzl, P., Chaves, A. L., Patiño, G. M., Mayer, J. E., Rao, I. M. 2002. Aluminum stress stimulates the accumulation of organic acids in root apices of *Brachiaria* species. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165(5):582-588.
- Winckler, M. V., Marques, R., Soares, R. V., Watzlawick, L. F. 2006. Índice de eficiência de macronutrientes em espécies arbóreas – floresta ombrófila mista montana/Paraná. *Semina: Ciências Agrárias* 27(3):321-332.
- Zimmerman, J. K., Pascarella, J. B. and Aide, T. M. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology* 8:350–360.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo comparativo de uma espécie de crescimento lento (*Campomanesia xanthocarpa*) e uma de crescimento rápido (*Inga edulis*) no sul do Brasil, o tipo de solo foi o principal fator a afetar negativamente o crescimento e a sobrevivência de mudas em áreas de pastagem abandonada. Este resultado sugere que as condições do solo podem ser a maior barreira para a restauração florestal em pastagens tropicais, maior até que a espécie de pastagem. Aparentemente, a inundação do solo é muito mais restritiva para o crescimento que os baixos teores nutricionais, o que requer técnicas apuradas para restauração.

*Inga edulis*, uma espécie de crescimento rápido, teve um ótimo desempenho, mesmo no Gleisolo, que é mais restritivo por apresentar lençol freático mais raso e inundações periódicas. Este resultado aponta uma possibilidade de uso desta espécie na restauração de áreas de pastagens sujeitas à inundação no sul do Brasil.