

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE**

**Desvendando os fatores que afetam o crescimento da biomassa em
florestas tropicais secundarias**

Orientador/e-mail:

Daniel Piotto
daniel.piotto@ufsb.edu.br

Co-orientador/e-mail:

Luiz Magnago
luiz_fsm@hotmail.com

Nome do Candidato/e-mail:

Janaine Isabela da Silva Rocha
janainerocha@yahoo.com.br

Nível/Ano de ingresso: Doutorado/2019

Ilhéus 05/12/2019

RESUMO

A compreensão das variáveis que controlam a distribuição da biomassa em florestas tropicais é de grande importância, visto a importância do sequestro de carbono para redução das mudanças climáticas. Algumas pesquisas vêm sendo realizadas com intuito de entender o papel de variáveis ambientais que controlam a biomassa acima do solo em florestas tropicais e a maioria desses estudos relaciona o aumento da biomassa com a idade. Porém quando a idade é controlada outros fatores continuam agindo para impulsionar o crescimento da biomassa. Assim, os fatores ambientais provavelmente afetarão a biomassa direta ou indiretamente, como os atributos dos solos, composição florística, histórico do uso do solo e contexto de paisagem, podem afetar a biomassa e essas características podem variar ao longo da sucessão. Dessa forma nosso objetivo principal será entender como a biomassa varia ao longo da sucessão e quais variáveis controlam esses processos. Nosso projeto será realizado no Parque Estadual da Serra do Conduru, localizado no sul da Bahia. Para tal utilizaremos a maior base de dados do Brasil coletados pelo LiDAR. Esperamos encontrar como a biomassa acima do solo varia ao longo da sucessão e quais variáveis influenciam no seu crescimento, esses resultados são de grande importância para subsidiar tomadas de decisões, principalmente no cenário de mudanças climáticas global.

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais armazenam em torno de 70 a 80% do carbono terrestre total (Houghton, 2008), 37% do carbono terrestre na forma de biomassa vegetal (Aguilar et al, 2016) e a maior parte da diversidade de árvores do mundo (Slik et al, 2015). Nos últimos anos esses estoques globais de carbono na biomassa florestal foram reduzidos principalmente pela degradação florestal, com a conversão de florestas para outros usos da terra (FAO, 2015). Poucas das florestas tropicais remanescentes podem ser consideradas florestas primárias, as florestas secundárias representam mais de 50% das florestas atuais (FAO, 2015; Lenox et al, 2018).

As florestas secundárias se tornaram relevante nas paisagens tropicais e a principal cobertura florestal remanescente em muitas regiões (Lenox et al, 2018). Essas podem se recuperar rapidamente, retornando a estrutura e biomassa da floresta madura em torno de 40 anos (Dent e Wright, 2009; Piotta et al, 2009). Essa recuperação da estrutura e diversidade de plantas possibilita a recuperação da fauna, representando um importante refúgio para muitas espécies silvestres (Chazdon et al, 2009; Dent e Wright, 2009), importante sumidouro global de carbono (Eva et al. 2012) podendo mitigar a extinção causada pelo declínio de áreas de habitat naturais (Wright e Muller-Landau, 2006).

Estudos tem mostrado que as mudanças na estrutura e na biomassa durante a regeneração das florestas são determinadas por interações complexas de fatores bióticos e abióticos e mudanças nas condições ambientais, como nutrientes, temperatura e luz (Brow e Lugo, 1990; Dent et al, 2012), por fatores como histórico no uso do solo, contexto da paisagem (Bowen et al, 2007; Chazdon et al, 2009) e composição de espécies (Powers et al,

2009). Assim, diversos fatores controlam o crescimento da biomassa em florestas tropicais secundárias que estão em regeneração.

A biomassa é considerada um excelente indicador para outros indicadores associados ao desenvolvimento sucessional de florestas tropicais (Chazdon, 2014). Os resultados das avaliações de biomassa e carbono em florestas são monitorados através de inventários de campo, porém esse monitoramento em escala de paisagem é economicamente e operacionalmente limitado. As atuais tecnologias de sensoriamento remoto ativo, como o LiDAR (Light Detection and Ranging), tem grande potencial para descrever a estrutura das florestas, permitindo estimar biomassa acima do solo em escala de paisagem (Leitold et al, 2018; Almeida et al, 2019), uma vez que o LiDAR passa pelo dossel da floresta chegando até o solo (Sankey et al, 2017).

Pesquisas vêm sendo realizadas para entender o papel de variáveis ambientais que controlam a biomassa acima do solo em florestas tropicais (Clark e Clark, 2000; Cleveland et al, 2011) e a maioria desses estudos relaciona o aumento da biomassa com a idade (Rozendall e Chazdon 2015; Becknell et al, 2018). No entanto, grande variação da biomassa em área com a mesma idade infere que outras variáveis estão influenciando o desenvolvimento da biomassa. Portanto, é crítico avaliar quais variáveis ambientais e tipos de distúrbio favorecem o desenvolvimento da biomassa acima do solo, com vistas diretamente ao potencial de recuperação da biomassa para o sequestro de carbono para redução das mudanças climáticas e contribuição para ações da Redução de Emissões do Desmatamento e Degradação (REDD +).

OBJETIVOS

Objetivo geral

Entender como a biomassa varia ao longo da sucessão e quais variáveis controlam esses processos em florestas secundárias.

Objetivos específicos:

Avaliar se a biomassa acima do solo, quando a idade do sítio é controlada, é influenciada por fatores como:

- i. Atributos dos solos (química, físico e densidade aparente);
- ii. Estrutura, diversidade e composição da vegetação e pela presença de espécies invasoras;
- iii. Efeitos do histórico do uso do solo e do regime de distúrbios;
- iv. Abertura de dossel

Hipóteses:

- i. As taxas de recuperação da biomassa acima do solo aumentam com a disponibilidade de recursos (solos férteis), pois a variação no desenvolvimento da vegetação é afetada pelas características do solo, como a conteúdo nutricional, umidade do solo, características físicas e densidade aparente do solo, sendo os

nutrientes do solo importantes reguladores do crescimento da vegetação (Celentano et al, 2011), que podem limitar a acumulação de biomassa acima do solo (Baker et al, 2003; Lambaias et al, 2005; Davidson et al, 2007).

ii. O aumento da biomassa aumentará com o aumento da riqueza de espécies (Powers et al, 2009; Poorter et al, 2015; Liang et al, 2016), pois fatores como a complementariedade de nicho (Griscon e Ashton, 2010; Finegan et al, 2015), e a presença de espécies de grande porte, tem papel significativo na variabilidade dos estoques de carbono (Rozendall e Chazdon, 2015; Chazdon et al, 2010; Slik et al, 2013). Assim como os traços funcionais das espécies e a contribuição de grupos especializados (Poorter et al, 2008; Rozendall e Chazdon, 2015).

iii. A biomassa acima do solo será afetada com mais ou menos intensidade dependendo do histórico do uso do solo (Zarin et al, 2005). As condições do local podem retardar a recuperação das espécies, como perturbações intensas que podem reduzir a vegetação residual e fontes de sementes (Zarin et al, 2005; Dent e Wright, 2009), a simplificação da composição de espécies e estrutura florestal (Longo et al, 2016).

iv. E esperamos que a paisagem circundante contribua para a regeneração dos ambientes perturbados, contribuindo como fontes de sementes e refúgio para vida silvestre (Zarin et al, 2001). O fechamento do dossel também cria condições para o recrutamento de espécies, criando condições favoráveis para o estabelecimento das espécies (Dent e Wright, 2009), fator que molda a composição de espécies em áreas em regeneração (Craven et al, 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

O estudo será realizado no Parque Estadual da Serra do Conduru (PESC), localizado no sul da Bahia, Brasil, a 14 30'16" S e 39 6'36" W, inserido no bioma Mata Atlântica (Figura 1). O parque que apresenta área de cerca de 10.000 ha que compõe um mosaico de fragmentos florestais em diferentes estágios de desenvolvimento, incluindo remanescentes de florestas antigas (Piotto et al, 2009), com vegetação predominante de floresta ombrófila densa. O clima é do tipo Af, segundo o sistema de classificação de Köppen, apresenta características de clima quente e úmido, sem estação seca definida (ICMBIO. 2004). A temperatura média mensal varia de 20° a 26°C, com a média em torno de de 24° C, com precipitação média anual de 2.000 mm distribuída uniformemente ao longo do ano (Landau 2003). Na área em estudo são encontradas diversas classes de solos, mas com predomínio de Latossolos vermelho-amarelo Distroféricos típicos petroplúntico, os solos são considerados fortemente ácidos e moderadamente ácidos, principalmente pela foto da pluviosidade alta que favorece a lixiviação dos solos (ICMBIO. 2004). O parque protege umas das maiores áreas de Mata Atlântica no nordeste do Brasil, apresenta floresta secundária em diferentes estágios de regeneração, com áreas de restauração florestal, de florestas antigas que foram seletivamente exploradas no passado, com extração seletiva,

caça e colheita de fibras e algumas áreas de pasto e ocupadas dentro do parque. Além de estradas e trilhas usadas pelos moradores locais (Becknell et al, 2018).

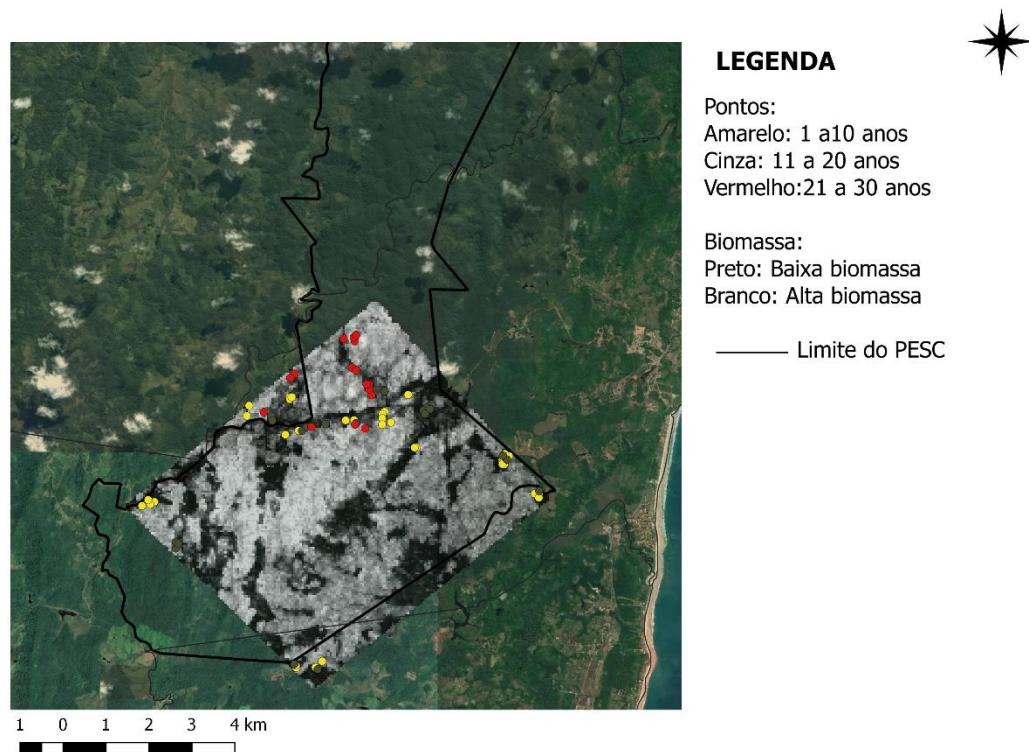


Figura 1. Mapa do local de estudo. Onde estão localizadas as parcelas de coletas de dados em campo, baseadas na idade e nível de biomassa. Fonte: Própria autora.

Para o presente estudo iremos utilizar dados de biomassa coletados utilizando o sensor LiDAR (Light Detection and Ranging), que representa o maior banco de dados no Brasil e foram coletados com um sensor Optech Orion M300 de múltiplos retornos, acoplado em um avião voando a 850m de altitude, da empresa brasileira GEOID de mapeamento a laser, em uma área de 4529 ha na região sul do parque, no ano de 2015.

As variáveis ambientais a serem medidas irão ser coletadas utilizando 30 parcelas de campo com tamanho de 0,25ha (50 x 50m) que serão escolhidas dentro do PESC onde foram coletados dados do LiDAR. Para a escolha dos pontos para a instalação das parcelas iremos escolher áreas de acordo com a classe de idade e com alto nível de biomassa e baixo nível de biomassa. Utilizaremos as seguintes classes de idade, com 10 parcelas para cada classe: Classe 1: 0 a 10 anos; Classe 2: 11 a 20 anos; Classe 3: 21 a 30 anos, e dentro de cada classe de idade serão escolhidas 5 parcelas com alta biomassa e 5 com baixa biomassa, utilizando dados de biomassa do LiDAR (Figura 1).

Métricas edáficas

Para a coleta de dados das variáveis edáficas serão estabelecidas dentro das parcelas principais (50 x 50m), amostras compostas formadas por 20 amostras simples, coletadas em pontos aleatórios na área dentro da parcela. Para avaliação química do solo o objetivo é determinar o grau de suficiência de nutrientes no solo e quantificar condições adversas que prejudicam o desenvolvimento das plantas, como acidez, salinidade, toxidez de alumínio, teor de nutrientes (Arruda et al, 2014). Para tal serão realizadas as seguintes determinações químicas: matéria orgânica do solo (MOS); pH em H₂O; teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺ trocáveis; P disponível; acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB); CTC efetiva (t); CTC total (T); saturação por bases (V), conforme Embrapa (1997). As amostras serão coletadas em áreas mais homogêneas possíveis dentro da parcela, em relação a vegetação e topografia. As amostras serão coletadas com uso de trado de solo na camada de 0 a 20 cm do solo e diâmetro de 5 cm (Figura 2). Após a coleta das amostras simples em cada ponto dentro das parcelas, essas devem ser misturadas, quebrando bem os torrões, para formar as amostras compostas que serão devidamente embaladas e identificadas em campo. Posteriormente serão secas ao ar, peneiradas (malha de 2 mm), homogeneizadas e enviadas ao Laboratório de Solos da CEPLAC, para análise química e física.



Figura 2. Uso de trado de solo, equipamento utilizado para coleta de amostras de solo para análise química. Fonte: EMBRAPA,1997.

Para avaliação das características físicas serão feitas as seguintes determinações: textura, porosidade total e densidade aparente. Para textura e porosidade total, serão coletadas amostras da mesma forma das análises químicas e depois seguidos os métodos descritos em EMBRAPA (1997). Para densidade aparente será utilizado o método do anel volumétrico, que realiza a coleta de amostras de solo com estrutura indeformada através de um anel de aço (Kopecky) de bordas cortantes e volume interno de 50cm³ (Figura 3) (EMBRAPA, 1997), que serão coletadas nas profundidades de 0,0 a 0,2 e de 0,2 a 0,4 m, nos mesmos locais onde serão coletados as amostras de solos para análises físicas. O solo

ainda dentro do anel é pesado, e posteriormente o material é transferido para outro recipiente e levado a estufa e seco a 105°, por 24 horas. Posteriormente os valores de densidade aparente são calculados utilizando a seguinte equação:

$$\text{Densidade aparente (g / cm}^3\text{)} = a / b$$

Extraído de EMBRAPA, 1997.

Onde a = peso da amostra seca a 105°C (g) e b = volume do anel ou cilindro (cm³). Os resultados das análises química e densidade aparente do solo serão posteriormente interpretadas de acordo com a classificação adequada para cada análise.



Figura 3. Anel volumétrico contendo amostra indeformada. EMBRAPA, 2011.

Estrutura, diversidade e composição da vegetação

Serão medidos os diâmetros a 1,3m (DAP) de todas as árvores acima de 10cm e árvores abaixo de 10cm (DAP) serão amostradas em 5 sub parcelas de 5x10m localizadas de forma aleatória. Será realizada coleta de material botânico de cada espécie, com o uso de podão, tesoura de poda e se for necessário com escalada nas árvores, e destacadas as espécies que apresentarem alguma marca de perturbação como bifurcações e cortes e espécies exóticas. Todo material será levado a laboratório, seco em estufa por dois dias a 48° e armazenadas para posterior identificação. As plantas serão identificadas com a ajuda de especialistas, por comparações com herbários e da literatura, para tal utilizaremos o

herbário Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) localizado na CEPLAC (Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira) e o herbário da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), localizados em Ilhéus, Bahia. Todas as espécies serão classificadas de acordo com o sistema do Grupo de Filogenia Angiospermas (APG IV 2016) e posteriormente depositados no herbário do CEPEC.

Histórico de uso do solo

Em função da existência de um histórico de perturbação, vários estádios sucessionais da formação original formação podem ser observados dentro do PES, como a presença de capoeiras, vegetação formada após o corte raso ou queima da vegetação original, considerada vegetação secundária pela Resolução CONAMA 05/94, áreas exploradas, área de retirada de madeira que se caracteriza como vegetação secundária em estágio avançado, segundo a resolução CONAMA 05/94, e áreas de florestas, que são áreas representativas da vegetação original, sem indícios recentes de perturbação e consideradas pela resolução do CONAMA 05/94 como vegetação primária com efeitos mínimos de ações antrópicas (ICMBIO. 2004). Os principais tipos de uso anterior do solo dentro do PES são, extração seletiva de madeira, plantios de cacau e mandioca, pastagens e sistemas agroflorestais (cabruças) (Figura 4). Onde o uso antigo de áreas para a extração seletiva de madeira representou o principal tipo de perturbação dentro do PES (ICMBIO. 2004). Assim o histórico do uso do solo será avaliado de acordo com informações do plano de manejo, com moradores locais, outros trabalhos desenvolvidos no local, assim como ajuda dos gestores do parque. Também serão utilizadas imagens de satélites e fotografias aéreas recentes. Principalmente para avaliar histórico de fogo, com uso de imagens de satélite. E todas essas informações serão validadas em atualizadas, visto que o plano de manejo foi realizado no ano de 2004.

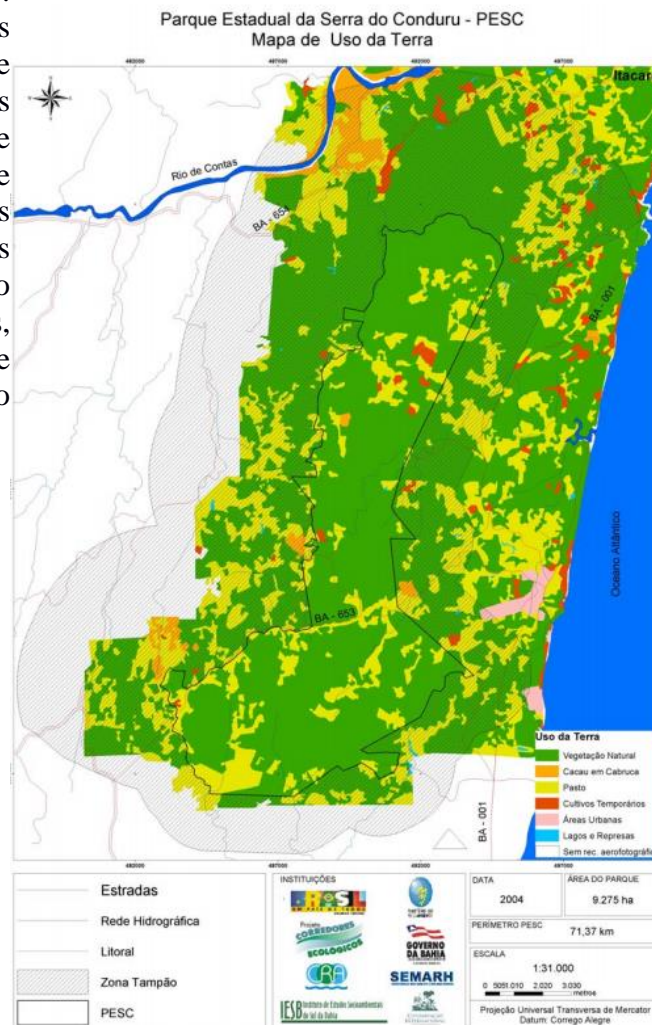


Figura 4: Uso da terra no Parque Estadual da Serra do Conduru e em sua Zona Tampão. Dado extraído do Plano de manejo do parque (ICMBIO. 2004).

Abertura de dossel

A abertura do dossel será avaliada utilizando fotos hemisféricas tiradas em dois pontos nas parcelas, utilizando câmeras fotográficas com alta resolução, e lente olho de peixe. Essas fotografias serão classificadas com o uso do software GLA 2.0, um software de imagem que extrai a estrutura do dossel da floresta e os índices de transmissão de luz de intervalo a partir da fotografia hemisférica, para se obter a abertura de dossel.

ANÁLISE DOS DADOS

A análise estatística descritiva irá ser realizada com o objetivo de entender quais variáveis mais influenciam no crescimento da biomassa. Uma análise de regressão será realizada para verificar as relações entre as variáveis e a biomassa acima do solo. A normalidade dos dados será avaliada com o uso de Teste de Shapiro-wilk, para avaliar se os dados apresentam distribuição normal. Caso os dados não apresentem distribuição normal, esses serão analisados utilizando seleção de modelos GLM (Generalized linear models), com

distribuição Gamma, que são comumente utilizados para avaliação de dados de biomassa. Todas as análises e gráficos serão realizadas usando software livre R 3.5 (R Core Team 2017).

IMPACTOS DO ESTUDO PARA A CONSERVAÇÃO

Entender os processos que afetam a acumulação de biomassa acima do solo em florestais tropicais secundárias e a indicação de quais variáveis são mais relevantes para a biomassa. Com uso de dados do Lidar, será possível avaliar as mudanças na biomassa em grande escala que não seria possível usando apenas medições em campo, contribuindo para quantificar os estoques de carbono e o potencial de mitigação das mudanças climáticas. Esse projeto contribuirá com o aumento das informações acerca das espécies vegetais existentes no Parque Estadual Serra do Conduru, informando os padrões de distribuição de espécies, com possibilidade de descoberta de quais espécies contribuem mais para o sequestro de carbono, que poderá ser extrapolado para outras florestas tropicais secundárias. Também espera-se qualificar as informações acerca da biodiversidade local para definição de estratégias de gestão da unidade de conservação e apoio ao plano de manejo do parque.

REFERÊNCIAS

Aguiar, A.P.D., Vieira, I.C.G., Assis, T.O., Dalla-Nora, E.L., Toledo, P.M., Santos-Junior, R.A.O., (...) Ometto, J.P.H. (2016) Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, 22, 1821–1840.

Almeida, D.R.A., Broadbent, E.N., A.M.A., Zambrano, B.E., Wilkinson, M.E., Ferreira, R., Chazdon, P., Meli, E.B., Gorgens, C.A., Silva, S.C., Stark, R., Valbuena, D.A., Papa, Brancalion, P.H.S. (2019) Monitoring the structure of forest restoration plantations with a drone-lidar system. *Int J Appl. Earth Obs Geoinformation* 79,192–198.

Baker, T.R., Swaine, M.D., Burslem, D.F.R.P. (2003) Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Perspectives Plant Ecology* 6, 21–36.

Becknell, J.M., Keller, M., Piotta, D., Longo, M., Nara dos-Santos, M., Scaranello, M. A.,Cavalcante, R.B.O., Porder, S. (2018). Landscape-scale lidar analysis of aboveground biomass distribution in secondary Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*. 50(3): 520-530. <https://doi.org/10.1111/btp.12538>.

Bowen, M.E., McAlpine, C.A. House, A.P.N., Smith, G.C. (2007) Regrowth forests on abandoned agricultural land: A review of their habitat values for recovering forest fauna. *Biological Conservation* 140:273–96.

Brown, S., e Lugo, A. E. (1990). Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6:1-32.

Celentano, D., Zahawi, R.A., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R.J., Holl, K.D. (2011) Tropical forest restoration in Costa Rica: the effect of several strategies on litter production, accumulation and decomposition. *Rev Biol Trop* 59(3):1323–1336.

Chave, J., Rejou-mechain, M., Urquez, A.B. (...), e Vieilledent, G. (2014) Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Glob. Change Biol.* 20: 3177–3190.

Chazdon, R. L., Peres, C. A., Dent, D., Sheil, D., Lugo, A. E., Lamb, D., Stork, N. E., Miller, E. (2009) The potential for species conservation in tropical secondary forests. *Conserv. Biol.* 23: 1406–1417.

Chazdon, R. L. (2014) *Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. University of Chicago Press, Chicago, IL.

Clark, D.B., e Clark, D.A. (2000) Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *For. Ecol. Manage.* 137: 185–198.

Cleveland, C.C., Townsend, A.R., Taylor, P., (...) Wieder, W.R. (2011). Relationships among net primary productivity, nutrients and climate in tropical rain forest: a pan-tropical analysis. *Ecology Letters* 14, 939–947.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 05: "Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica ". BRASÍLIA. 1994

Davidson, E. A., de Carvalho, C. J. R., Vieira, I. C. G., de Figueiredo, R., Moutinho, P. F., Ishida, Y., dos Santos, M.T.P., Guerrero, J.B., Kalif, K., Sabá, R.T. (2004) Nitrogen and Phosphorus Limitation of Biomass Growth in a Tropical Secondary Forest. *Ecol. Appl.* 14: 150– 163.

Eva, H.D., Achard, F., Beuchle, R., de Miranda, E., Carboni, S., Seliger, R., Vollmar, M., Holler, W. A., Oshiro, O. T., Arroyo, V. B., Gallego, J. (2012) Forest cover changes in tropical South and Central America from 1990 to 2005 and related carbon emissions and removals. *Remote Sensing* 4:1369-1391.

FAO. (2010) Global Forest Resources Assessment 2010. Rome (available at www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/).

FAO. (2015) Global Forest Resources Assessment 2015: how are the world's forests changing? Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>.

Finegan, B., Pena-Claros, M., de Oliveira, A., Ascarrunz, N., Bretharte, M. S., Carreno-Rocabado, G., Casanoves, F., Diaz, S., Eguiguren Velepucha, P., Fernandez, F., Licona, J. C., Lorenzo, L., Salgadonegret, B., Vaz, M., Poorter, L. (2015) Does functional trait diversity predict above-ground biomass and productivity of tropical forests? Testing three alternative hypotheses. *J. Ecol.* 103: 191–201.

Grime, J. P. (1979) *Plant Strategies and Vegetation Processes* (Wiley, Chichester, UK).

Houghton, R. A., e S. J. Goetz (2008) New satellites help quantify carbon sources and sinks, *Eos Trans. AGU*, 89(43), 417–418, doi:10.1029/2008EO430001.

Landau, E.C (2003) Normais de Precipitação no Sudeste da Bahia, Brasil. CD-ROM In Prado PI, Landau EC, Moura RT, Pinto LPS, Fonseca GAB, Alger K (orgs.) Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia. IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP, Ilhéus, Bahia, Brazil.

Leitold, V., Morton, D.C., Longo, M., dos-Santos, M.N., Keller, M., Scaranello, M. (2018) El Niño drought increased canopy turnover in Amazon forests. *New Phytol.* <https://doi.org/10.1111/nph.15110>.

Lennox, G.D., Gardner, T.A., Thomson, J.R., Ferreira, J., Berenguer, E., Lees, A.C., Mac Nally, R., Aragão, L.E.O.C., Ferraz, S.F.B., Louzada, J., Moura, N.G., Oliveira, V.H.F., Pardini, R., Solar, R.R.C., Vaz-de Mello, F.Z., Vieira, I.C.G., Barlow, J. (2018) Second rate or a second chance? Assessing biomass and biodiversity recovery in regenerating Amazonian forests *Glob. Chang. Biol.* <https://doi.org/10.1111/gcb.14443>.

Liang, J., Crowther, T.W., Picard, N. (2016) Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests *Science* 14 Oct: Vol. 354, Issue 6309, aaf8957. DOI: 10.1126/science.aaf8957.

Poorter, L., Wright, S.J., Paz, H., Ackerly, D.D., Condit, R., Ibarra-Manríquez, G., Harms, K.E., Licona, J.C., Martínez-Ramos, M., Mazer, S.J. (2008) Are functional traits good

predictors of demographic rates? Evidence from five Neotropical forests. *Ecology*. 89(7): 1908–1920. doi: 10.1093/aob/mcn103.

ICMBIO. 2004. Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Conduru, Bahia Brasil. 369p.

Poorter, L., van der Sande, M.T., Thompson, J. (...) Peña-Claros, M. (2015) Diversity enhances carbon storage in tropical forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 24, 1314–1328.

Poorter, L., Bongers, F., Aide, T.M., Zambrano, A. (2016) Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature* 530: 211–214.

Powers, J.S., Becknell, J.M., Irving, J., Pèrez-Aviles, D. (2009) Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. *For. Ecol. Manage.* 258, 959–970.

Piotto, D., Montagnini, F., Thomas, W., Ashton, M., Oliver, C. (2009) Forest recovery after swidden cultivation across a 40-year chronosequence in the Atlantic forest of southern Bahia, Brazil. *Plant Ecol.* 205: 261–272.

Rees, M., Condit, R., Crawley, M., Pacala, S., Tilman, D. Long-Term Studies of Vegetation Dynamics (2001) *Science*, 293, 650.

Reich, P.B. (2014) The world-wide ‘fast–slow’ plant economics spectrum: a traits manifesto. *Journal of Ecology* 2014, 102, 275–301

Rozendaal, D.M.A., e Chazdon R.L. (2015) Demographic drivers of tree biomass change during secondary succession in northeastern Costa Rica. *Ecol. Appl.* 25: 506–516.

Sankey, T., Donager, J., McVay, J., Sankey, J.B. (2017) UAV lidar and hyperspectral fusion for forest monitoring in the southwestern USA. *Remote Sens. Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.04.007>.

Slik, J.W.F., Paoli, G., McGuire, K. (...) Zweifel, N. (2013) Large trees drive forest aboveground biomass variation in moist lowland forests across the tropics. *Global Ecology and Biogeography*, 22, 1261–1271.

Slik, J.W.F., Arroyo-Rodríguez, V., Aiba, S.I., (...) Venticinque, E.M. (2015) An estimate of the number of tropical tree species. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112, 7472–7477.

Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., Lechman, C. (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294, 843–845.

Whight, S.J., Muller-Landau, H.C. (2006) The future of tropical forest species. *Biotropica*, 38, 287–301.

Wright, S.J., Yavitt, J.B., Wurzbarger, N., Turner, B.L., Tanner, E.V.J., Sayer, E.J., Santiago, L.S., Kaspari, M., Hedin, L.O., Harms, K.E. (2011) Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest. *Ecology* 92:1616–25

Zarin, D.J., Ducey, M.J., Tucker, J.M., Salas, W.A. (2001) Potential biomass accumulation in Amazonian regrowth forests. *Ecosystems* 4: 658–668.