

COMPENSAÇÃO DA EMISSÃO DE CARBONO DA SEDE DO INSTITUTO ÁGUA E TERRA

COMPENSATION FOR THE CARBON EMISSION OF THE SEAT OF THE INSTITUTO AGUA E TERRA

Carolina Machado da Rosa¹, Mauro Scharnik², Paulo Costa de Oliveira Filho³, Elivane Salete Capellesso⁴, Kelly Geronazzo Martins⁵

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa, PR, Brasil – biocmrosa@yahoo.com.br

²Instituto Água e Terra (IAT), Curitiba, PR, Brasil – scharnik@iat.pr.gov.br

³Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Irati, PR, Brasil – paulocostafh@gmail.com

⁴Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil – elivanesc@gmail.com

⁵Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Irati, PR, Brasil – kellygm77@gmail.com

RESUMO

As mudanças climáticas causadas pela era antropogênica têm gerado alterações no planeta Terra. O principal gás responsável por essas mudanças é o gás carbônico. A restauração ecológica pode minimizar impactos das mudanças climáticas, visto que há acúmulo de carbono nas plantas durante o seu crescimento, com sequestro do carbono atmosférico. O Instituto Água e Terra, órgão ambiental do Paraná, busca o desenvolvimento sustentável nas suas atividades. Assim, a quantificação e neutralização das emissões são compatíveis com a missão e visão da autarquia. O objetivo deste trabalho foi quantificar a emissão de gás carbônico da sede do IAT e propor a compensação dessa emissão, pela recuperação de áreas degradadas. Para isso, foram obtidas informações quanto aos gastos de energia e água, número de recargas de ar condicionado e de voos, separação de lixo e meios de transporte dos funcionários. Com esses dados, foi calculada a emissão de carbono da sede do IAT no sítio eletrônico <<https://app.carbonext.com.br/calculator/business/start>>. Para a proposta de compensação, foi considerado que uma árvore acumula 2,28kg de CO₂ por ano e o plantio total como método de restauração. De posse dessas informações, foi calculada a neutralização da emissão, contabilizando número de árvores e hectares necessários para a compensação. Foi constatada a emissão de 915 t CO₂ anualmente. Resultados demonstraram que, para compensar essa emissão, deverão ser plantadas 401.378 árvores. Sugere-se que esse cálculo seja ampliado para os escritórios regionais do Instituto e para a Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e do Turismo.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas, Neutralização das emissões de carbono, Paraná, Restauração Ecológica.

ABSTRACT

The climate change caused by the anthropogenic era has generated changes on planet Earth. The main gas responsible for these changes is carbon dioxide. Ecological restoration can minimize the impacts of climate change, since there is an accumulation of carbon in plants during their growth, with a sequestration of atmospheric carbon. Instituto Água e Terra, an environmental agency in Paraná, seeks sustainable development in its activities. Thus, the quantification and neutralization of emissions are compatible with the mission and vision of the state company. This work aimed to quantify the emission of carbon dioxide of the IAT's seat in and to propose the compensation of this emission, through the recovery of degraded areas. For this, information was obtained on energy and water costs of the seat, number of air conditioning recharges, number of flights, garbage separation and means of transportation for employees. With those data, we calculated the carbon emission of IAT's seat at <<https://app.carbonext.com.br/calculator/business/start>>. For this compensation proposal, it was considered that a tree can accumulate 2.28 kg of CO₂ yearly and the seedling' planting as a restoration method. Then, it was calculated how many trees and hectares will be necessary to compensate. The emission of 915 tCO₂ yearly was verified. Results demonstrated that, to neutralize this emission, 401308 trees must be planted. It is suggested that this calculation be extended to the other regional offices of the Institute and to the Secretariat for Sustainable Development and Tourism.

KEYWORDS: Climate changes, Ecological Restoration, Neutralization of carbon emissions, State of Parana.

INTRODUÇÃO

O funcionamento do planeta Terra tem sido alterado por ações antrópicas (STEFFEN et al., 2011). Uma dessas alterações é o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera que tem levado ao aquecimento global e, conseqüentemente, às mudanças climáticas (MALHI et al., 2014). As conseqüências dessas mudanças no aspecto ambiental já são bem conhecidas, como elevação do nível relativo do mar, atribuídas ao degelo; mudança no padrão climático em âmbito regional, gerando alterações nos padrões de chuva; eventos climáticos extremos; mudanças ecossistêmicas e desertificação; menor disponibilidade de recursos hídricos, entre outros. Adicionalmente, as mudanças climáticas também apresentam conseqüências econômicas e sociais (SILVA & PAULA, 2015).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é uma organização criada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Organização Meteorológica Mundial (OMM) que avalia e reúne informações sobre mudanças climáticas e as divulga por meio de relatórios. No último relatório, foi constatado que 17% do carbono emitido foi lançado na última década. Concluiu-se, diante disso, que se deve investir em conservação, redução de emissões e mitigação (IPCC, 2022). Nesse sentido, diferentes instituições, organizações e empresas devem calcular suas emissões a fim de reduzi-las e compensá-las.

Um modo de efetivar essa compensação de emissões é por meio da restauração ecológica (VALIKCHALI et al., 2014), definida como “o processo de recuperação de um ecossistema que sofreu algum distúrbio, dano ou degradação” (SER, 2004). Durante a restauração do ecossistema, o excesso de gás carbônico na atmosfera pode ser sequestrado durante a restauração do ecossistema (CAO & WOODWARD, 1998; JONES & DONNELLY, 2004; LAL, 2004; MCGUIRE et al., 2001; NEWELL & STAVINS, 2000), uma vez que o carbono compreende 50% do total da massa que a planta acumula (HE et al., 2005; LACERDA et al., 2009). Esse acúmulo rápido de carbono ocorre, principalmente, nos estágios iniciais da restauração, visto que as espécies pioneiras necessitam deste elemento para seu rápido crescimento (MONTAGNINI & PORRAS, 1998; SHIMAMOTO et al., 2014; SIERRA et al., 2012). Nesse sentido, como a restauração é associada à captura e ao estoque de carbono, ela pode ser uma estratégia global para mitigação de efeitos negativos das mudanças climáticas (HOUGHTON et al., 1993).

O Instituto Água e Terra (IAT), órgão ambiental do estado do Paraná, emite gás carbônico por meio de suas atividades, como todas as instituições. O IAT possui a missão de “Proteger, preservar, conservar, controlar e recuperar o patrimônio ambiental paranaense, buscando melhor qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável com a participação da sociedade” e tem como visão “ser um órgão ambiental de referência nacional e ter um papel estratégico para o desenvolvimento sustentável do Estado do Paraná” (IAT, 2020). Desse modo, a quantificação e a neutralização das suas emissões de carbono é uma atividade que condiz com a política e proposta do órgão.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é quantificar a emissão de gás carbônico na sede do IAT e propor a compensação dessa emissão, por meio da restauração ecológica de áreas degradadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de dados sobre pegada de carbono

Por meio de contato com o gabinete da Presidência do Instituto Água e Terra, foram obtidos os dados do número de funcionários, incluindo servidores efetivos e comissionados, terceirizados, residentes técnicos, bolsistas e estagiários da sede do Instituto Água e Terra. A sede é composta por três prédios localizados em Curitiba nas ruas: Engenheiros Rebouças, 1206, e Santo Antônio, 239, no Bairro Rebouças; e Desembargador Motta, 3384, no Bairro Mercês.

No departamento de viagens, foi obtida a informação sobre os voos realizados por servidores. As informações de gasto de energia e de água e de recarga de ar condicionado foram obtidas com a Diretoria Administrativa e Financeira. Os dados são referentes a médias mensais.

Quanto à separação de lixo, foi questionado aos responsáveis pela limpeza e manutenção do Instituto.

Por fim, por meio de um formulário do *Google Forms*, foi indicado pelos funcionários qual meio de transporte cada um utiliza para se dirigir à sede do Instituto. Conforme a amostragem realizada por meio das respostas do questionário, os dados obtidos foram extrapolados para o cálculo, conforme o número de funcionários, sendo, portanto, valores estimados.

A partir da coleta de todos esses dados, foi realizado o cálculo da pegada de carbono do Instituto Água e Terra.

Cálculo da pegada de carbono do Instituto Água e Terra

O cálculo da pegada de carbono foi realizado pelo sítio eletrônico <https://app.carbonext.com.br/calculator/business/start>, no dia 13/07/2022.

As informações coletadas sobre viagens aéreas, gasto de energia e água, recarga de ar condicionado, número de funcionários e seu deslocamento ao IAT, separação de lixo foram inseridas no site e ele gera automaticamente a pegada de carbono em tonelada por ano.

Compensação

Para realizar esse trabalho, foram utilizados dados da Mata Atlântica paranaense, a fim de tornar os cálculos o mais preciso possível. Assim, a partir dos dados de uma comunidade florestal em restauração na Mata Atlântica paranaense, observou-se que, em média, uma árvore acumula em média 2,28 quilogramas de carbono por ano, nos primeiros 16 anos (CAPELLESSO et al., 2020). O valor em quilogramas de carbono foi calculado com base nos dados de diâmetro à altura do peito (DAP) e densidade da madeira por espécie de determinada comunidade (CHAVE, 2005). Nos primeiros 16 anos as florestas armazenam em torno de 42 toneladas de carbono, chegando a 231 toneladas em florestas com mais de 80 anos (CAPELLESSO et al. 2020).

Foi considerado o plantio total como estratégia de recuperação com três diferentes espaçamentos, considerando, assim, três cenários: 1) 3m por 2m, a partir do qual se calcula o plantio de 1667 mudas por hectares; 2) 2m por 2m, com o cálculo de 2500 mudas por hectare; 3) 3m por 3m, com o cálculo de 1111 mudas por hectare.

Por fim, a partir do cálculo de pegada de carbono em toneladas, do valor de acúmulo médio de 2,28 kg de carbono por árvore e do método de restauração supracitado com diferentes espaçamentos, calculou-se o número de árvores e hectares necessários para a compensação nos três cenários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados obtidos

O IAT possui 472 funcionários, dos quais 235 funcionários responderam ao questionário (50%).

Os dados estão inseridos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da coleta de dados.

Critério	Dado
Gasto mensal de energia	R\$ 90.000,00
Gasto mensal de água	R\$ 50.000,00
Número de recargas de ar condicionado (anual)	10
Número de voos nacionais (anual)	62
Número de voos internacionais (anual)	04
Separação de lixo	Não
Número de funcionários que usam ônibus	86
Número de funcionários que usam carro	298
Número de funcionários que usam motocicleta	6
Número de funcionários que usam bicicleta, patinete ou vão a pé	82

*Número de funcionários extrapolado e arredondado conforme porcentagem.

Ao se analisar os dados de transporte, observa-se que 63% dos funcionários utilizam o carro para ir ao trabalho, 18,3% utilizam ônibus, 10,2% vão a pé, 6,8% se deslocam de bicicleta, 1,3% utilizam motocicleta e 0,4% vão de patinete (Figura 1).

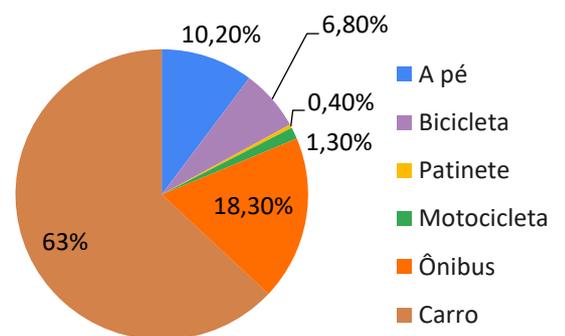


Figura 1. Porcentagem do meio de transporte utilizado por todos os funcionários.

Com as informações listadas na Tabela 1, foram calculadas as toneladas de CO₂ emitidas, totalizando 915,14 t CO₂ por ano. Nos últimos anos, tem sido crescente o interesse em se calcular emissões de carbono e propor compensação por meio de plantios de espécies vegetais. Há demonstrações de cálculo de emissão e

proposta de neutralização para pequenas empresas e-commerce (NUNNENKAMP & CORTE, 2017), para *campus* de universidade (DIAS & TURCI, 2015) e para logística em participação de eventos (SANTOS et al., 2016). Contudo, essas análises ocorrem em contextos distintos, pois envolvem tipos de emissões, número de funcionários, biomas e espécies diferentes. Desse modo, comparações quanto à emissão de carbono se tornam inviáveis, uma vez que cada instituição e empresa possuem suas particularidades.

Cálculo de carbono, de árvores e de área

Considerando que cada árvore acumula 2,28 kg de carbono nos primeiros 16anos (CAPELLESSO et al., 2020), deverão ser plantadas 401.378 árvores por ano. No cenário 1, o plantio deverá ser realizado em 241 hectares; para o cenário 2 deverão ser recuperados 161 hectares e para o cenário 3 deverão ser plantadas mudas em 361 hectares.

Como as árvores são importantes fixadores de carbono atmosférico, uma das alternativas mais eficientes para a compensação de emissão desse carbono é a fixação dele em áreas restauradas (BUSTAMANTE et al., 2019; CAPELLESSO et al., 2020). Com o objetivo de compensar essas emissões de carbono, por meio da restauração ecológica, o IAT deverá recuperar áreas degradadas, as quais podem ser nas próprias Unidades de Conservação estaduais (UC) e nas suas respectivas zonas de amortecimento. Nas UC são encontrados diferentes níveis de degradação ambiental, inclusive locais com significativa alteração de solo e paisagem, por vezes anteriores à sua criação (SESSEGOLO, 2005). Espécies exóticas invasoras também são fatores de degradação em UC no Paraná (ZILLER, 2005) e, após a remoção das invasoras, deve haver a recuperação da área. Diante do exposto, as UCs podem ser áreas indicadas para efetivar a neutralização de suas emissões. A neutralização dessas emissões deve ser acompanhada por meio de levantamentos para avaliar o incremento de biomassa, que mede a efetividade das restaurações em cada área de implantação.

Adicionalmente, o IAT publicou um mapa de áreas estratégicas para conservação e restauração da biodiversidade (Figura 2). A partir desse mapa, nota-se que há 6.294.131,45 hectares considerados estratégicos para restauração no estado (IAP, 2016). Outra possibilidade, assim, seria realizar o plantio de mudas nessas áreas consideradas estratégicas pela própria instituição.

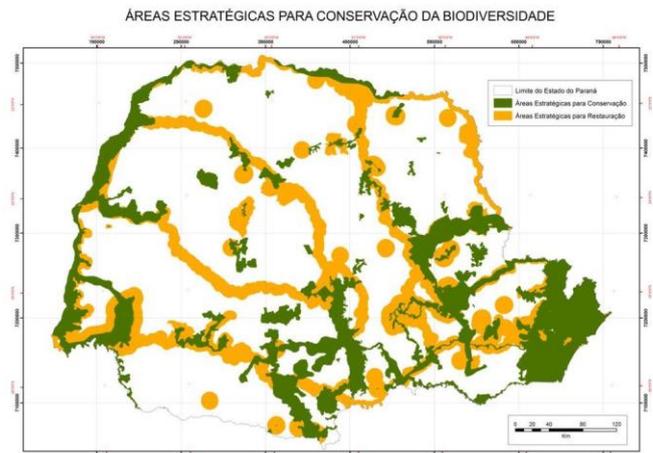


Figura 2. Mapa de áreas estratégicas para conservação e restauração no estado do Paraná (IAP, 2016).

Por fim, segundo dados declarados no SICAR, o estado possui passivos de 1.249.177,53ha de Área de Preservação Permanente a restaurar (FREITAS et al., 2017). Ademais, o passivo de 425.373,8ha de Reserva Legal (RL) também foi apresentado (FREITAS et al., 2017). Para a RL, de acordo com as IN IAT n°01, 03 e 04/2020, esse passivo pode ser recuperado ou compensado (IAT, 2020). Os proprietários rurais devem realizar essas ações a fim de se regularizar pelo Programa de Regularização Ambiental. Portanto, o estado pode realizar parcerias com esses proprietários, com o objetivo de restaurar para além das obrigações legais deles, configurando adicionalidade de áreas em restauração e compensando a emissão de carbono do Instituto.

CONCLUSÕES

A sede do Instituto Água e Terra emite 915,14 toneladas de gás carbônico por ano. Para compensar a emissão deve-se recuperar entre 161 e 361 hectares, com o plantio de 401.378 árvores. Assim, é possível implementar a mitigação de mudanças climáticas da sede do IAT. Como o Instituto possui 21 escritórios regionais, este pode ser um projeto piloto e que pode ser ampliado para os demais locais do IAT. Adicionalmente, recomenda-se que esse cálculo seja realizado anualmente para recuperar áreas e minimizar impactos das mudanças climáticas.

Ademais, este trabalho sugere o plantio total de mudas com o espaçamento variando entre 2m por 2m, 3m por 2m e 3m por 3m (BEHERA, et al., 2010; SINGH et al., 1989; TOMÉ & BURKHART, 1989). Contudo, existem divergentes métodos de restauração ecológica que

podem ser aplicados, de acordo com a situação ecológica de cada área degradada.

Destaca-se que a restauração de áreas degradadas pode ser realizada em unidades de conservação estaduais, como adicionalidade em áreas de passivos no âmbito do Programa de Regularização Ambiental, bem como nas Áreas Estratégicas para Restauração.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Água e Terra (antigo Instituto Ambiental do Paraná), pela bolsa oferecida durante os dois anos de residência técnica à CMR.

Somos gratos ao Gabinete do IAT pelo apoio ao trabalho, às Diretorias que forneceram as informações e aos funcionários que responderam ao questionário, o que possibilitou o seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

BEHERA, S. K. et al. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass – A case study. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 1, p. 30-41, 2010.

BUSTAMANTE, M. M. C. et al. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, p. 1-22, 2019.

CAO, M.; WOODWARD, F. I. Net primary and ecosystem production and carbon stocks of terrestrial ecosystems and their response to climate change. **Global Change Biology**, v. 4, p. 185–198, 1998.

CAPELLESSO, E. S. et al. Temporal and environmental correlates of carbon stocks in a regenerating tropical forest. **Applied Vegetation Science**, v. 23, p. 353–362, 2020.

CARBONEXT. **Calculadora de pegada de carbono**. Disponível em: <https://app.carbonext.com.br/calculator/business/start>

CHAVE, J. et al. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, v. 20, p. 3177–3190, 2014.

DIAS, G. S.; TURCI, L. F. R. Inventário de emissão de carbono equivalente no *campus* de Poços de Caldas da UNIFAL-MG. **Revista Brasileira de Iniciação Científica de Itapetininga**, v. 2, n. 3, p. 89-101, 2015.

FREITAS, F. L. M. et al. **Nota técnica: malha fundiária do Brasil**. Atlas: A Geografia da Agropecuária Brasileira, v. 1812, 2017.

HE, J. S. et al. Density may alter diversity-productivity relationships in experimental plant communities. **Basic and Applied Ecology**, v. 6, n. 6, p. 505–517, 2005.

HOUGHTON, R. A. et al. Current land use in the tropics and its potential for sequestering carbon. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 7, n. 2, p. 305–220, 1993.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA (IAT). **Referencial Estratégico**, 2020. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Referencial-Estrategico-IAT>

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Mapa das Áreas Estratégicas para Conservação e Restauração**, 2016. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-e-Informacoes-Geoespaciais-Tematicos>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Full Report**, 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf

JONES, M. B.; DONNELLY, A. Carbon sequestration in temperate grassland ecosystems and the influence of management, climate and elevated CO₂. **New Phytologist**, v. 164, p. 423–439, 2004.

LACERDA, J. S. de et al. Biomass and Carbon Estimation in Native Tree Species Plantations for Restoration. **METRVM**, n. 5, p. 1–23, 2009.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, v. 123, p. 1–22, 2004.

MALHI, Y. et al. Tropical Forests in the Anthropocene. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 39, p. 125–159, 2014.

MCGUIRE, A. D. et al. Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: Analyses of CO₂, climate and land use effects with four process-based ecosystem models. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 15, n. 1, p. 183–206, 2001.

MONTAGNINI, F.; PORRAS, C. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: An example of an integrative approach from the humid tropics. **Environmental Management**, v. 22, n. 3, p. 459–470, 1998.

NEWELL, R. G.; STAVINS, R. N. Climate Change and Forest Sinks: Factors Affecting the Costs of Carbon Sequestration. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 40, p. 211–235, 2000.

NUNNENKAMP, C. H.; CORTE, A. P. D. Emissão de gases de efeito estufa e proposta de projeto para compensação: um estudo de caso e-commerce. **BIOFIX Scientific Journal**, v.2, n. 1, p. 69-77, 2017.

PARANÁ. Instrução Normativa n° 01, de 28 de maio de 2020. **Diário Oficial do Estado**, Curitiba, 2020. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Restauracao-Ecologica-Legislacao-Associada>

PARANÁ. Instrução Normativa n° 03, de 08 de julho de 2020. **Diário Oficial do Estado**, Curitiba, 2020. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Restauracao-Ecologica-Legislacao-Associada>

PARANÁ. Instrução Normativa nº 04, de 07 de agosto de 2020. **Diário Oficial do Estado**, Curitiba, 2020. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Restauracao-Ecologica-Legislacao-Associada>

SANTOS, L. L. V. et al. Neutralização das Emissões de Carbono da Logística do Estaleiro Schaefer Yachts no Rio Boat Show. **V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida**, p. 6-12, 2016.

SER. **The SER International primer on ecological restoration Society for Ecological Restoration**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+SER+International+Primer+on+Ecological+Restoration#2>

SESSEGOLO, G. C.A Recuperação de áreas degradadas em Unidades de Conservação. **Unidades de Conservação: Ações para valorização da Biodiversidade**, Instituto Ambiental do Paraná, Governo do Paraná – IAP, 2005.

SHIMAMOTO, C. Y. et al. How much carbon is sequestered during the restoration of tropical forests? Estimates from tree species in the Brazilian Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 329, p. 1–9, 2014.

SIERRA, C. A. et al. Total carbon accumulation in a tropical forest landscape. **Carbon Balance and Management**, v. 7, n. 12, p. 1–13, 2012.

SILVA, R. W. da C.; PAULA, B. L. de. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra Didática**, v. 5, n. 1, p. 42–49, 2015.

SINGH, G. et al. Effects of Spacing and Lopping on a Mesquite (*Prosopis juliflora*)–Karnal Grass (*Leptochloa fusca*) Agroforestry System on an Alkaline Soil. **Experimental Agriculture**, v. 25, n. 3, p. 401 – 408, 1989.

STEFFEN, W. et al. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v. 369, p. 842–867, 2011.

TOMÉ, M.; BURKHART, H. E. Distance-Dependent Competition Measures for Predicting Growth of Individual Trees. **Forest Science**, v. 35, n. 3, p. 816–831, 1989.

VALIKCHALI, M. Y. et al. Ecosystem functioning, services and biodiversity during the ecological restoration (With special attention to forest ecosystem). **1st National Conference on Sustainable Development of Renewable Natural Resources**, p. 14, 2014.

ZILLER, S. R. Espécies exóticas da flora invasoras em Unidades de Conservação. **Unidades de Conservação: Ações para valorização da Biodiversidade**, Instituto Ambiental do Paraná, Governo do Paraná – IAP, 2005.