



Manejo do solo em propriedades rurais na Mata Atlântica: o caso da Reserva Águas Claras

Verônica Moraes de Oliveira Pinto¹, Maria Inês Paes Ferreira², Marcos Antônio Cruz Moreira³, Luiz de Pinedo Quinto Junior⁴, José Augusto Ferreira da Silva⁵

¹ Instituto Federal Fluminense/Programa de Pós-graduação de Engenharia Ambiental – e-mail: vmoraes.carapebus@gmail.com

² Instituto Federal Fluminense/Programa de Pós-graduação de Engenharia Ambiental – docente convidada - e-mail: ines_paes@yahoo.com.br

³ Instituto Federal Fluminense/Programa de Pós-graduação de Engenharia Ambiental – docente permanente – e-mail: mcruzcn@gmail.com

⁴ Instituto Federal Fluminense/Programa de Pós-graduação de Engenharia Ambiental- docente permanente - e-mail: luizpinedo@uol.com.br

⁵ Instituto Federal Fluminense/de Pós-graduação de Engenharia Ambiental – docente permanente - e-mail: jafferreirasilva@gmail.com

Recebido em: 22/12/2022

Aceito em: 05/06/2023

Resumo

Os benefícios ambientais advindos da interação entre os fluxos de matéria e energia de sistemas permaculturais atuam na aceleração dos processos de recuperação de áreas degradadas, que podem ser potencializados pelo aumento da biomassa vegetal associado à técnica da adubação verde, proposta no presente trabalho para o território de estudo: o entorno de duas Unidades de Conservação (UC), do tipo Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), as RPPN Águas Claras I e II. As RPPN Águas Claras I e II localizam-se na bacia do Rio Macabu, microbacia do rio Carukango. Neste trabalho, objetivou-se analisar áreas submetidas a projetos de reflorestamento e de sistemas agroflorestais (SAF), por meio de estimativas da biomassa local obtidas com o auxílio de dados secundários do inventário florestal das UC. Como resultado, foi possível elencar *Ficus sp* e a *Sparattosperma leucanthum* como espécies nativas prioritárias para a recomposição florestal. Concluiu-se pela necessidade de consorciá-las com o plantio de espécies que são consideradas adubos verdes, de forma a propiciar o aumento da biomassa florestal e a estimular a melhoria das condições do solo da porção degradada da reserva. Essa estratégia pode acelerar o processo de regeneração, conforme indicativo obtido por meio de dados secundários de análise de solo empregando microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva de raios X (EDS), realizada na área de implantação do SAF.

Palavras-chave: Adubação verde. Reflorestamento. Sistemas agroflorestais. Permacultura.

Introdução

Os serviços ecossistêmicos são benefícios fundamentais para toda atividade humana e podem ser classificados como serviços de provisão, de suporte, de regulação, manutenção e culturais (FINISDORE et al., 2020). Entre os serviços de suporte, a ciclagem dos nutrientes envolve a interação dos ciclos biogeoquímicos do carbono e da água e é de fundamental importância para a manutenção do equilíbrio planetário, tendo em vista que o carbono é um elemento construtivo básico dos compostos orgânicos e a água é essencial para toda a vida (ODUM, 2001). A recomposição florestal pode ser destacada como uma solução baseada na natureza (SbN) para sequestro e estocagem de carbono. O termo SbN funciona como um conceito guarda-chuva para demais abordagens

relacionadas aos serviços ecossistêmicos. (FERREIRA, GOMES NÉTO, 2020).

As florestas são recursos naturais renováveis que contribuem efetivamente para a diminuição do efeito estufa, pois são as maiores acumuladoras de biomassa do planeta (SANQUETTA et al., 2002) e são reconhecidas como sumidouros de carbono (RIBEIRO, 2007; MIRANDA, 2008).

Diante desse quadro, a conservação das florestas, por meio da proteção dos remanescentes naturais e o reflorestamento de espécies nativas em áreas degradadas, contribuem positivamente não só para a mitigação dos processos associados às mudanças climáticas, mas também para o aumento da biodiversidade nos ecossistemas. As florestas estocam carbono tanto na biomassa localizada acima como na que está abaixo do

solo, em função de cobrirem cerca de 30% da superfície da Terra e fixarem em torno de 85% do carbono orgânico (HOUGHTON, GOODALE, 2004). A biomassa pode ser definida como matéria de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal. O termo biomassa florestal significa toda a biomassa existente na floresta ou apenas sua fração arbórea (SANQUETTA et al., 2002).

Por meio do conhecimento das espécies nativas e da cobertura florestal de uma área, pode-se avaliar o quantitativo do seu estoque de carbono.

Considerando-se a fixação de carbono em florestas em processo de restauração, objetivou-se, neste trabalho, estimar quais as espécies que podem contribuir para o ganho da biomassa aérea, empregando métodos indiretos baseados no diâmetro na altura do peito (DAP), a partir de dados secundários, oriundos do levantamento florestal do Plano de Manejo das RPPN, em fase final de publicação. Objetivou-se, também, apresentar os benefícios de realizar a recuperação dessas áreas, utilizando técnicas permaculturais de manejo agroflorestal em comparação com técnicas convencionais de reflorestamento, partindo da comparação de resultados de análise de solo da área de estudo já publicados (BRITTO FILHO et al., 2023).

Material e métodos

No presente trabalho, definiu-se como *locus* de estudo as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) Águas Claras I e II, localizadas nos municípios de Conceição de Macabu e Trajano de Moraes, respectivamente, por possuírem tanto áreas conservadas quanto áreas a serem reflorestadas, ambas com potencial para mitigar emissões de CO₂. Neste artigo apresentam-se os resultados de pesquisa documental e bibliográfica norteada por esse estudo de caso. Também foi utilizada a observação participante (BOGDAN, 1973), por meio do acompanhamento e do apoio

à equipe técnica responsável pela implantação de núcleos agroflorestais no entorno da RPPN Águas Claras I, bem como pela participação nas oficinas e atividades de campo realizadas em 2022, que subsidiaram a elaboração do plano de manejo das UC, em fase final de publicação. Os produtos resultantes do mapeamento das UC, assim como o material referente aos dados do plano de manejo, foram gentilmente cedidos pela equipe gestora das RPPN, em coautoria neste trabalho.

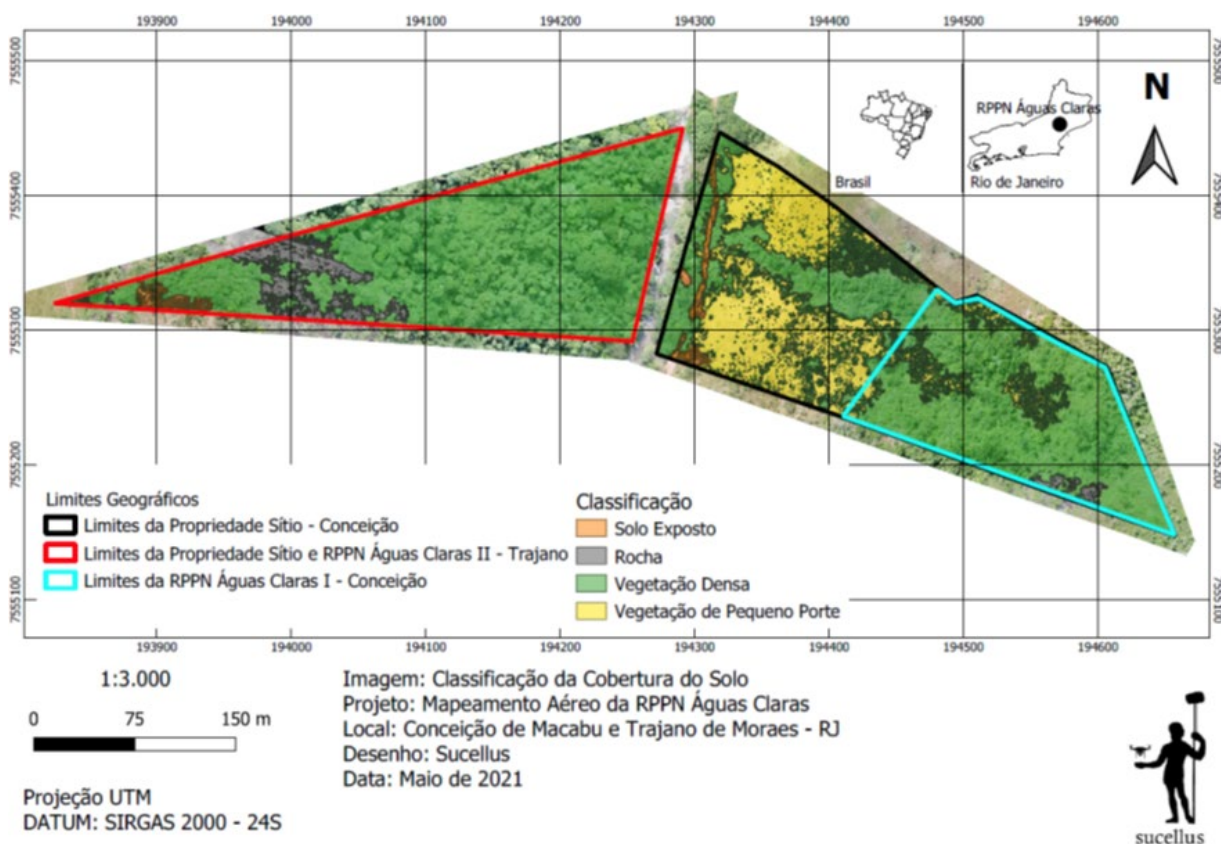
Área de estudo

As RPPNs Águas Claras I e II estão dentro do Sítio Águas Claras, que possui 8,5 ha, conforme apresentado na Figura 1. De um lado, localiza-se o município de Trajano de Moraes, em fronteira com a RPPN Águas Claras II, com 3,6 ha de área de Mata Atlântica totalmente conservada; a propriedade é cortada pelo Rio Carukango, que separa os 4,9 ha situados no município de Conceição de Macabu, sendo parte do Sítio Águas Claras (2,8 ha) e 2,1 ha compondo o território da RPPN Águas Claras I.

A área total do Sítio Águas Claras (RPPN e entorno) foi transformada em estação de permacultura associada ao Instituto Pindorama, a Estação Semente Águas Claras, para servir de modelo de disseminação das práticas permaculturais entre os moradores do entorno e dos municípios vizinhos, levando conhecimentos de conservação da natureza e associando-os aos sistemas agroflorestais (SAF).

Parte da área do Sítio Águas Claras vem sendo atingida recorrentemente pelo fogo, oriundo de propriedades circunvizinhas, constituindo-se como uma área de fragilidade ambiental, conforme pode ser visualizado na Figura 2. Ocorrido em setembro de 2022, o último incêndio destruiu toda a cobertura florestal da porção macabuense da propriedade. As queimadas constituem práticas comuns de

Figura 1. Carta-imagem do uso e ocupação das terras do sítio Águas Claras, no estado do Rio de Janeiro, mostrando a cobertura florestal, os limites das RPPNs Águas Claras I e II e o rio Carukango.



Fonte: Sucellus, 2021.

manejo da vegetação na região da bacia do rio Macabu, que é caracterizado por vários níveis de altitude, formado por maciços montanhosos e perfis assimétricos orientados no sentido sudeste-nordeste (PRADO et al, 2004)

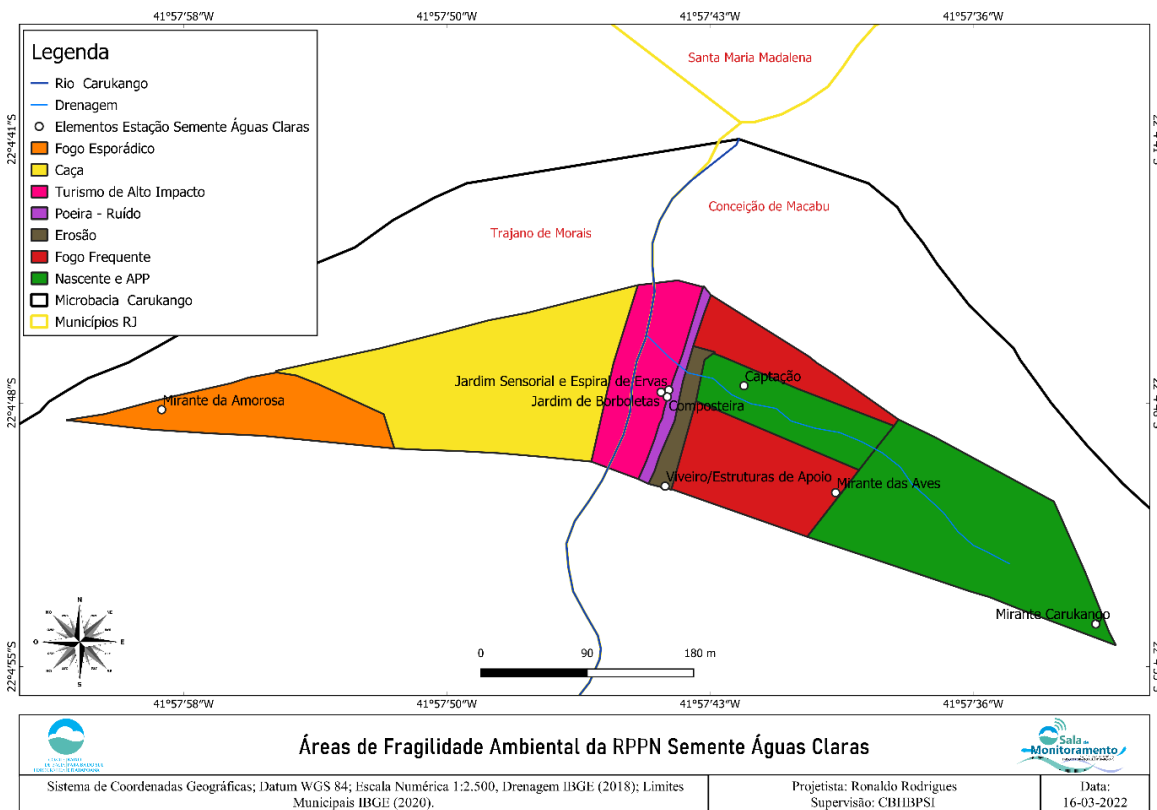
O solo predominante na região é o latossolo vermelho-amarelo (PRADO et al., 2004), presente nos morros e montanhas. A formação vegetal da região é a floresta ombrófila aberta submontana, segundo o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). O clima é o tropical, segundo a classificação de Köppen-Geiger. A temperatura média é de 24° C, com precipitação total anual em torno de 1.528 mm (PRADO et al., 2004).

Desde 2021, quando esta pesquisa foi iniciada, as áreas focadas no estudo encontravam-se extremamente secas, com sua cobertura vegetal parcialmente tomada por capim sapé (*Imperata*

brasiliensis) e braquiária (*brachiaria decumbens*), indicativos de solo ácido. A acidez foi confirmada mediante a análise do solo, realizada em 2020, que revelou pH 5 e alto teor de alumínio (Al). Para a correção da acidez do solo nos estágios iniciais dos núcleos do SAF, foi aplicada a calagem, e para o aumento do teor de matéria orgânica, foi feita a capina das gramíneas, cuja biomassa foi aplicada ao redor dos núcleos.

A caracterização do solo foi posteriormente detalhada por métodos espectrométricos (BRITTO FILHO et al., 2023). Até setembro de 2022, a área destinada à implantação do SAF contava com a presença de algumas espécies arbustivas como: canela de velho (*Miconia albicans*), cambará (*Moquiniastrum polymorphum*) e espécies arbóreas como monjoleiro (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*). Os núcleos agroflorestais localizavam-se

Figura 2. Áreas de fragilidade ambiental nas RPPN Águas Claras I e II e no seu entorno imediato, exibindo os locais de ocorrência esporádica e frequente de incêndios na propriedade denominada pelo Comitê de Bacias do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (CBH BPSI) como RPPN Semente Águas Claras.



Fonte: CBH-BPSI, 2022.

na área objeto de um censo florístico (Figura 3). Separada do SAF por mata ciliar de um pequeno córrego (afluente do rio Carukango), localizava-se uma área de reflorestamento convencional experimental, também com cerca de 0,3ha, situada à jusante da Parcela 08 (Figura 3), igualmente atingida pelo fogo.

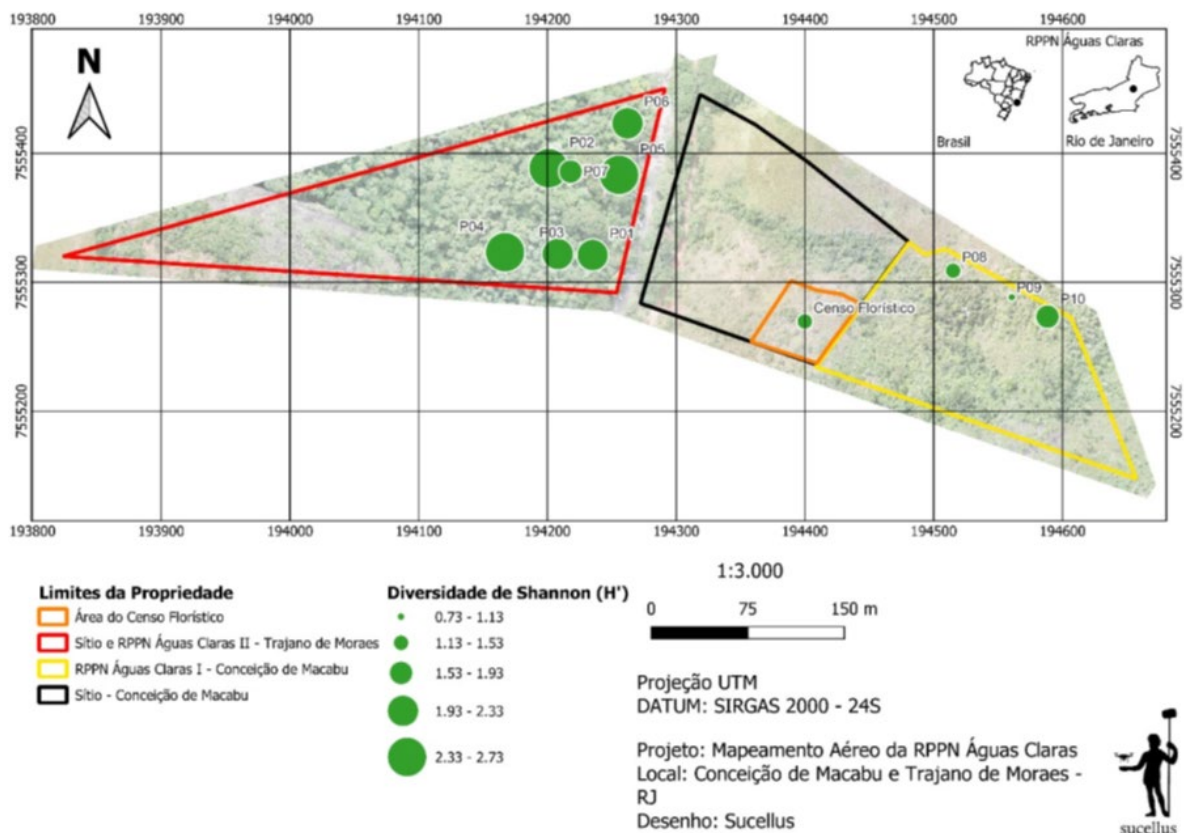
Coleta e análise de dados de campo

Utilizou-se como base para a quantificação de biomassa o inventário florestal das RPPN e o censo florístico, elaborados em setembro de 2021 para o plano de manejo das UC (em fase final de publicação) (Figura 3). Foram inventariadas 10 parcelas de 10 m x 10 m nas RPPN e o censo foi realizado em área de 0,3 ha, de forma a subsidiar o planejamento para a implantação do SAF (Figura 3). Esses dados constituíram a base para quantificação da biomassa presente

no local. A quantificação pode ser realizada por método direto (determinação) ou indireto (estimativa). No método direto utilizam-se parâmetros das árvores individuais levantados nas parcelas (SILVEIRA et al., 2008).

No método indireto, as estimativas podem ser feitas de duas maneiras: a primeira pelos dados de volume de árvores ou talhões encontrados em campo, multiplicados por fatores apropriados para a determinação da biomassa; e a segunda pela estimativa da biomassa, que, com aplicação de uma equação, calcula a biomassa estimada (BE) em função do DAP, juntamente com outros dados de medição para as árvores das parcelas amostrais. Desta forma, pode-se afirmar que, na maioria dos estudos de biomassa florestal, são geradas estimativas ao invés de serem feitas determinações (SANQUETTA et al., 2002; SOMOGYI et al., 2007).

Figura 3. Parcelas do inventário florestal do Plano de Manejo da RPPN Águas Claras I e II.



Fonte: Sucellus, 2021.

Neste artigo, trabalhou-se com o método indireto, a partir do inventário florestal feito para as UC, no qual foram catalogadas 166 espécies. O universo amostral limitou-se às parcelas nas quais as espécies estavam inclusas, conforme apresentado na Figura 3. A fim de obter uma leitura integrada do ambiente, os parâmetros fitossociológicos (FARIA, MELLO, BOTELHO, 2012) dominância relativa (Dor %), frequência relativa (Fr %) e valor da importância (VI) foram extraídos a partir dos dados coletados no inventário florestal. Cabe ressaltar que a metodologia empregada para definição da localização e do método de amostragem das parcelas, assim como o esforço amostral para realização dos levantamentos aqui apresentados, foram definidos pela equipe de especialistas contratados para elaboração do plano de manejo das UC.

Foi aplicada a fórmula desenvolvida para biomassa real do autor Watzlawick (2003),

adaptada para o cálculo da biomassa estimada (BE) conforme descrito na Equação 1.

$$BE = d \cdot e^d \cdot \ln(d \cdot DAP^2 \cdot h), \quad (1)$$

em que:

BE = biomassa estimada (m³)

d = CAP – circunferência à altura do peito (cm)

DAP = diâmetro à altura do peito (cm)

h = altura (m)

e = número de indivíduos da mesma espécie

ln = logaritmo neperiano

Resultados e discussão

Com relação aos trabalhos sobre a biomassa, a quantificação do carbono nos ecossistemas tropicais tem recebido atenção (BOLFE, BATISTELLA, FERREIRA; 2011; MEIRA et al., 2020), pois o conhecimento do carbono fixado nos ecossistemas naturais é de grande relevância, uma vez que as florestas contribuem para a estabilidade ambiental. Somogyi et al. (2007)

relatam que, durante as últimas décadas, a quantidade de carbono armazenada na biomassa ganhou destaque como resultado da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) e do Protocolo de Kyoto, acordo após o qual os países passaram a relatar suas emissões de CO₂ e o desmatamento.

No entorno da RPPN Águas Claras I, tanto a área objeto do reflorestamento convencional quanto a área destinada à implantação do SAF sofreram a ação pretérita do fogo e de supressão da vegetação, com posterior colonização por gramíneas. Em uma dessas áreas, onde houve aumento da erosão, próxima à Estrada da Amorosa, observou-se o início da formação de voçoroca. Diversas são as contrariedades encontradas durante um processo de recuperação ambiental, principalmente em se tratando de áreas degradadas. Problemas como a conservação de áreas recuperadas, escolha das espécies nativas da região para o plantio e os altos custos de um reflorestamento são desafios a superar (JESUS, 1992; FERREIRA et al., 2007; ANDRADE, SANCHEZ, ALMEIDA, 2014).

Na literatura, encontram-se relatos de áreas em processo avançado de recuperação ambiental que utilizam a adubação verde como forma de restabelecer as propriedades físicas do solo perdidas. A cobertura vegetal adequada nessas áreas acarreta a redução de processos erosivos e alimenta o lençol freático pelas raízes das espécies arbóreas (JESUS, 1992). Para recuperação das áreas cobertas por vegetação de pequeno porte, o reflorestamento associado à utilização de adubos verdes auxilia na velocidade da recuperação do solo. Para Kiehl (1979), a função principal do adubo verde é produzir biomassa para enriquecer o solo.

A técnica agrícola denominada adubação verde é realizada com o objetivo de adubar e enriquecer o solo, promovendo a reciclagem de nutrientes em áreas degradadas. Este enriquecimento abrange a parte física, química

e biológica do solo. A adubação ocorre por meio do plantio de espécies, principalmente as leguminosas (MATRANGOLO, 2016), estas produzem biomassa com alta valor de nitrogênio, pois captam o nitrogênio diretamente do ar por simbiose. Ademais, aguçam o crescimento dos fungos micorrízicos, que, por sua vez, aceleram a absorção dos nutrientes e da água pelas raízes das plantas, melhorando as características do solo (ESPINDOLA et al., 2005).

O adubo verde pode ser utilizado no plantio de forma alternada com as espécies nativas e/ou de interesse no cultivo econômico simultaneamente, de forma intercalada. Esta prática é chamada de cultivo consorciado (ESPINDOLA et al., 2005). Há plantas anuais e com prazo de vida longo, que formam a cobertura do solo por muitos anos. Para escolha das espécies para reflorestamento e adubação verde, é essencial o levantamento florestal e/ou fitossociológico. Neste levantamento, o objetivo é identificar as comunidades vegetais, tal como sua parte florística e estrutural, suas atividades, inter-relações, classificações e distribuições. É fundamental a realização de tais estudos para tornar conhecido no projeto as composições das vegetações do local (FELFILI, REZENDE, 2003; SANQUETTA et al., 2002).

Em setembro de 2022, um incêndio de grandes proporções atingiu cerca de 50 ha da Área de Proteção Ambiental (APA) do Procura, destruindo praticamente toda a cobertura florestal da RPPN Águas Claras I e seu entorno (Figura 4). Com esse novo episódio, fez-se necessário repensar a área como um todo, pois o solo ficou ainda mais castigado, necessitando de mais nutrientes.

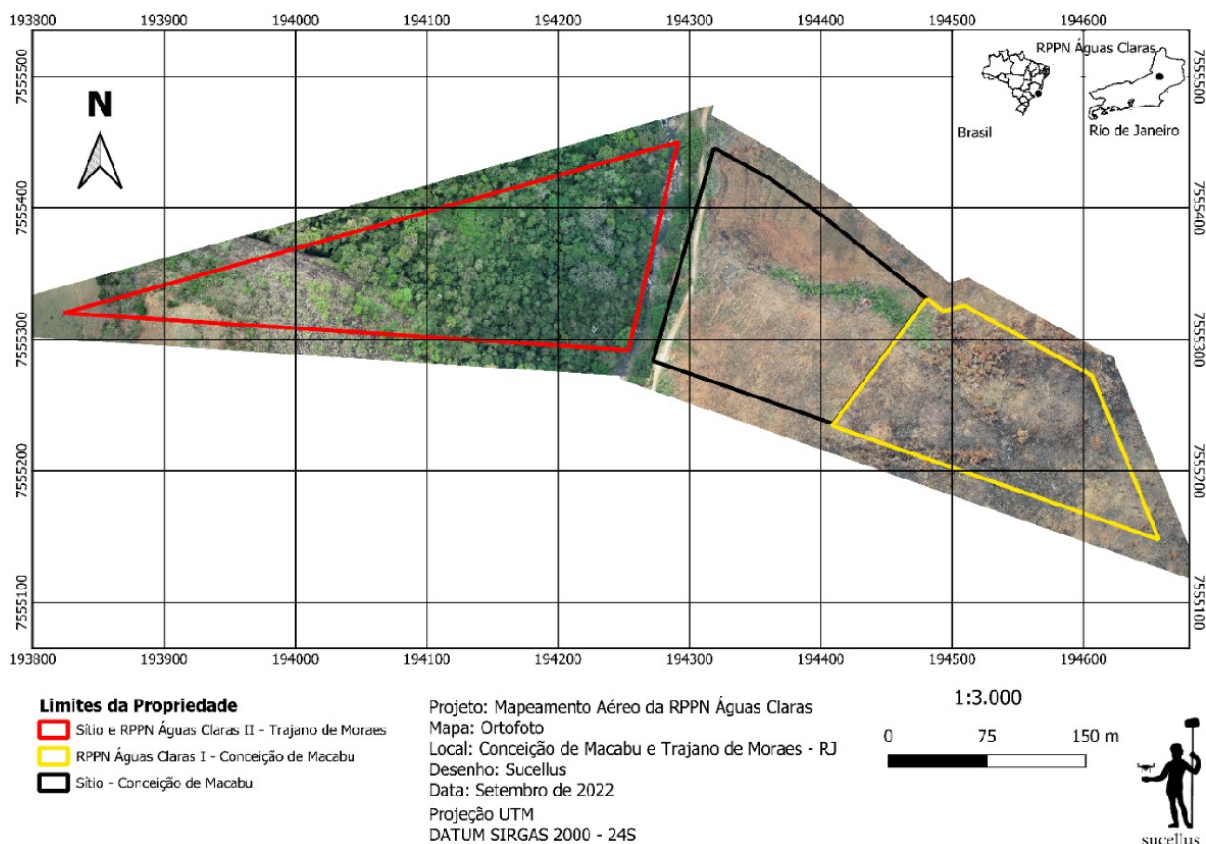
Para a recomposição florestal, principalmente em áreas degradadas ou com solo pobre em nutrientes (condição evidenciada pela análise do solo da área desflorestada no entorno da RPPN Águas Claras I), a utilização da adubação verde é uma excelente opção. As melhorias no solo

são inúmeras, dentre estas: aumento da matéria orgânica e da atividade biológica; reciclagem de nutrientes percolados, controle de nematoides fitoparasitos; terra mais úmida e fresca; melhora na infiltração da água, aumentando o armazenamento de água no solo; terra mais porosa para circulação de mais oxigênio; estruturação, aeração, e, em solo que sofre frequentemente uso de arado a 20 cm de profundidade, pelo uso da técnica ocorre a descompactação das camadas do solo, tornando-o mais macio para penetração das raízes das plantas; redução na variação de temperatura prolongada, aumento de nitrogênio, proteção contra erosão e radiação solar, controle de pragas, plantas daninhas e microrganismos patogênicos; promove produção de biomassa e cobertura do solo, assim como a produção de fitomassa, gerando cobertura morta (ALCÂNTARA et al., 2000; LIMA et al., 2003).

O projeto inicial de SAF na área atingida pelos incêndios visava reconstituir a mata já degradada pelo pasto, introduzindo sementes de adubação verde como o guandu e feijão de porco. A adubação verde assume particular importância nos sistemas de produção orgânica, além de ampliar a biodiversidade dos agroecossistemas (FERREIRA, SOUZA, CHAVES, 2012; ESPINDOLA et al., 2005).

É reportado na literatura que a cobertura do solo com gramíneas aumenta o nível de nutrientes devido à sua decomposição (SIMIDU et al., 2010). Após o incêndio, a composição do solo foi determinada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva de raios X (EDS) (BRITTO FILHO et al., 2023). Na análise espectrométrica de amostra do solo que havia sido preparado para implantação dos núcleos agroflorestais, revelou-se a ausência

Figura 4. Carta-imagem das RPPN Águas Claras I e II e do seu entorno imediato após o incêndio de setembro de 2022.



Fonte: Sucellus, 2022.

de germânio (Ge) quando comparada à amostra de solo em área próxima, mantida sob condições de regeneração natural. Atribui-se tal fato ao crescimento mais rápido das gramíneas e à maior taxa de rebrota das espécies arbustivas observadas durante as incursões de campo pós-incêndio na área dos núcleos agroflorestais do SAF. Essa observação pode ser correlacionada ao processo de fitorremoção do germânio do solo (TAVARES et al., 2022).

Uma vez que toda a matéria orgânica que propiciaria a quantificação de biomassa florestal foi consumida pelo fogo no incêndio, tal avaliação foi impossibilitada. A quantificação envolveria avaliar todos os componentes florestais, incluindo a massa viva acima e abaixo do solo das árvores, arbustos, palmeiras, mudas, componentes do sub-bosque, trepadeiras, epífitas, etc., e a massa de plantas mortas, como serapilheira fina e madeira, que foram totalmente transformados em cinza.

Contudo, indicações relevantes ainda puderam ser obtidas com o emprego dos dados do inventário florestal realizado em 2021. A Tabela 1 possui as espécies mais significativas de cada parcela, levando-se em conta os maiores

valores absolutos da Circunferência na Altura do Peito (CAP), da altura total (h) e do volume (V), bem como os resultados das espécies florestais encontradas, associadas ao volume de biomassa estimado conforme descrito na metodologia, para cada uma das 10 parcelas inventariadas. A Tabela 2 possui os resultados da estimativa de biomassa para adubação verde, realizada com o emprego da Equação 1.

Por meio da análise das Tabelas 1 e 2, percebe-se que a espécie ipê verde ou caroba branca (*Sparattoperma leucanthum*) é a que possui maior biomassa, e que a espécie *Ficus sp* é dominante e possui a maior frequência relativa. É possível apontar a relação direta entre a biomassa e os parâmetros fitossociológicos, que podem ajudar na escolha equilibrada para o fortalecer do processo de reflorestamento da área degradada e otimizar a implementação do SAF. O *Ficus* pode ser classificado como espécie secundária tardia (SILVA et al., 2003), e a *Sparattoperma leucanthum*, como espécie pioneira (POLATTO, ALVES JUNIOR, 2009).

As plantas pioneiras, em geral, têm crescimento rápido e ciclo de vida mais

Tabela 1. Volume de biomassa calculado para as parcelas do inventário florestal.

Parcela	Nº Arv.	Nome Científico	Nome popular	CAP (cm)	DAP (cm)	Alt. Total (h)	Volume (m ³)
01	23	<i>Plathymenia reticulata</i>	Vinhático	53	17	13,0	0,185
02	34	<i>Cecropia glaziovii</i>	Imbaúba	67	21	16,0	0,351
03	57	<i>Xylopia sericea</i>	Pindaíba Vermelha	64	20	17,0	0,349
04	65	<i>Sparattoperma leucanthum</i>	Ipê Branco	179	57	14,0	1,610
05	89	<i>Erythroxylum pulchrum</i>	Arco de Pipa	168	53	15,0	1,566
06	99	<i>Ficus sp.</i>	Figueira	179	57	22,0	2,729
07	119	<i>Parapiptadenia rigida</i>	Angico Vermelho	119	38	17,0	1,006
08	132	<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	Cambará	58	18	7,0	0,105
09	141	<i>Cupania escrobiculata</i>	Cajuzinho	27	9	6,0	0,024
10	164	<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	Cafezeiro do Mato	32	10	6,0	0,030

Legenda: CAP – Circunferência Altura do Peito; DAP – Diâmetro Altura do Peito; Alt.Total - Altura Total

Fonte: Elaboração própria, adaptada a partir de dados do plano de manejo das RPPN em estudo.

Tabela 2. Quantificação da biomassa a partir das espécies dominantes em cada parcela, com dominância determinada pela comparação dos parâmetros fitossociológicos.

Espécie	Nome popular	Biomassa	Dor%	Fr%	VI
<i>Plathymenia reticulata</i>	Vinhático	1,0972 m ³	0,63%	7,17%	7,15
<i>Cecropia glaziovii</i>	Imbaúba	7,2649m ³	0,39%	11,46%	5,15
<i>Xylopia sericea</i>	Pindaíba Vermelha	1,7305 m ³	0,32%	10,46%	4,38
<i>Sparattoperma leucanthum</i>	Ipê Verde	7,9854 m ³	0,40%	81,80%	8,27
<i>Erythroxylum pulchrum</i>	Arco de Pipa	1,0883 m ³	0,63%	72,06%	7,33
<i>Ficus sp.</i>	Figueira	1,2548m ³	0,66%	91,85%	9,30
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Angico Vermelho	1,6678m ³	0,51%	41,31%	4,25
<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	Cambará	1,1792m ³	0,19%	9,62%	1,11
<i>Cupania escrobiculata</i>	Cajuz	6,9815 m ³	0,04%	2,27%	4,55
<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	Cafezeiro do Mato	1,5161 m ³	0,10%	3,10%	5,21

Legenda: Dor% - Dominância relativa; Fr% - Frequência relativa; VI -Valor de Importância

Fonte: Elaboração própria.

curto do que as espécies que se estabelecem posteriormente. Estas pioneiras oferecem condições mais favoráveis para as que se estabelecerão posteriormente, que oferecerão condições para outras que se estabelecem depois e assim sucessivamente. As espécies presentes têm relações evolutivas formadas por interações históricas com condições bióticas e abióticas que moldam as interações contemporâneas sob a atual condição (MEINERS et al., 2015). Indica-se para a recomposição florestal plantar o maior número desta espécie na propriedade. Na sucessão ecológica, o *Ficus sp* deve ser plantado à sombra da *Sparattoperma leucanthum*.

Os SAF são reconhecidos por suas vantagens sobre as monoculturas, respondendo assim à demanda por agricultura multifuncional, prestação de serviços ambientais e valores estéticos importantes, empregando a adubação verde como estratégia, tendo a conservação do solo, a conservação da qualidade da água, a captação de carbono e a conservação da biodiversidade como principais serviços ecossistêmicos (BEER et al., 2003; LIMA et al., 2017). Nas propriedades que utilizam sistemas agroflorestais ou que ainda estão em processo de transição para SAF, como no caso do entorno da RPPN Águas Claras I, optar pelo

uso de adubos verdes é vantajoso pela sua contribuição de nutrientes ao solo. Deve-se dar preferência às leguminosas, como por exemplo as espécies: crotalária (*C. juncea*, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*); feijão guandu (*Cajanus cajan*); sorgo volumoso (Sorgo BRS716); nabo forrageiro (IPR 116); gliricídia (*Gliricidia sepium*), entre outras (BORGES et al., 2018).

Para maior eficiência na absorção de água e nutrientes pelas plantas, é preciso o adequado desenvolvimento do sistema radicular. As leguminosas possuem esse sistema profundo e forte. Após a poda e a cobertura do solo com a fitomassa, acontece a retirada dos nutrientes do fundo do solo, trazendo-os à superfície, ampliando seu potencial produtivo e contribuindo para a biodiversidade dos ecossistemas (MATRANGOLO, 2016). Das espécies supracitadas, o feijão guandu é bem adaptado ao clima regional, e por ser também comestível, possui bom valor de mercado no estado do Rio de Janeiro, tornando-se uma indicação preferencial para iniciar o SAF nas áreas de vegetação de pequeno porte do entorno da RPPN Águas Claras I, de forma a trazer para o sistema um componente de sustentabilidade econômica necessário para inspirar pequenos proprietários locais.

Tendo em vista o ritmo acelerado das mudanças climáticas no momento atual, é importante a realização de estudos de reflorestamento relacionados à formação de biomassa em áreas em que se buscam implementar novas formações florestais. O manejo correto desses recursos florestais traz ganhos adicionais para os processos de implantação de sistemas agroflorestais associados às práticas permaculturais.

Conclusões

Partindo dos dados levantados no inventário florestal da etapa de diagnóstico do plano de manejo das RPPN Águas Claras I e II, é possível indicar o *Ficus sp* e a *Sparattosperma leucanthum* como espécies prioritárias para a recomposição florestal do território degradado, bem como recomendar técnicas de adubação verde para o incremento da biomassa florestal e o consequente enriquecimento do solo.

Após a extensa degradação adicional sofrida na área, como prática permacultural, a adubação verde é uma técnica cada vez mais indicada, por promover a fixação biológica do nitrogênio, o enriquecimento e a proteção do solo. Ao mesmo tempo, reduz as emissões de gás carbono (CO₂), requer menor uso de adubos químicos e promove o aumento do estoque de carbono no solo, gerando efeitos positivos na redução dos níveis atmosféricos de GEE.

Os sistemas agroflorestais e a adubação verde propostos no presente trabalho são importantes para a recomposição de áreas degradadas por potencializarem o reequilíbrio aos ecossistemas impactados devido à alta diversidades de espécies, à interação entre elas e à promoção da revitalização do solo, levando, assim, à manutenção das funções ecossistêmicas de territórios rurais.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

Referências bibliográficas

ALCÂNTARA, F. A. DE; FURTINI NETO, A. E. DE PAULA, M. B; MESQUITA, H. A. DE; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação de um latossolo vermelho escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5757/2861>. Acesso em: 28 abr. 2023.

ANDRADE, G. F.; SANCHEZ, G. F.; ALMEIDA, J. R. Monitoramento e avaliação em projetos de recuperação de áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 13–26, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.12957/ric.2014.13833>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/13833/10784>. Acesso em: 28 abr. 2023.

BEER, J.; HARVEY, C.A.; IBRAHIM, M.; HARMAND, J. M.; SOMARRIBA, E.; JIMÉNEZ, F. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. **Revista Agroforesteria em las Américas**, v. 10, n. 37-38, p. 80-87, 2003. Disponível em: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6806>. Acesso em: 01 maio 2022.

BOGDAN, R. Participant observation. **Peabody Journal of Education**, v. 50, n. 4, p. 302-308, 1973. Acesso em: 15 dez. 2022. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1492424>.

BOLFE, E.L.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M.C. Correlação entre o carbono de sistema agroflorestais e índices de vegetação. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: INPE, 2011. p. 1705-1712. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42881/1/Bolfe2-SBSR.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2022.

BORGES, W.L.; SOUZA, D. C. J.; RODRIGUES, D. M. S.; RIOS, R. M. **Cobertura do solo, acúmulo de biomassa e nutrientes em leguminosas para uso como adubo verde**. Macapá: Embrapa Amapá, 2018. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 105). ISSN: 1517-4867. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193278/1/CPAF-AP-2018-BPD-105-Cobertura-do-solo.pdf>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRITTO FILHO, J.D.; PINTO, V.M.DE O.; FERREIRA, M.I.P.; CARVALHO, T.G.B.C.; PIMENTA, A.R.; COSTA, G.S. Desafios para restauração florestal na microbacia do Rio Carukango. *In*: SIMPÓSIO DE HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL, 4., 2023, Campos dos Goytacazes. **Anais [...]**. Campos dos Goytacazes.: ABRHidro, 2023. Disponível em: <https://anais.abrhydro.org.br/author.php?Author=51553>. Acesso em 28 abr. 2023.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; ABOUD, A. C. S. **Adubação verde com leguminosa**. Embrapa Agrobiologia. Brasília: DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 49 p. (Coleção Saber 5). ISBN 85-7383-284-3. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/627202/adubacao-verde-com-leguminosas>. Acesso em: 05 maio 2022

FARIA, R. A. V. B.; MELLO, J. M. DE; BOTELHO, S. A. Parâmetros fitossociológicos e estimativa de volume, biomassa e estoque de carbono em floresta estacional semidecidual. **Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer**, v. 8, n. 15; p 1269-1278, 2012. ISSN 2317-2606 versão *on line*. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/parametros.pdf>. Acesso em :05 maio 2022.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2003. 68p.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P. DE; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde**, v. 7, n. 1, p. 33-38, 2012. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/681/1274>. Acesso em: 29 abr. 2023.

FERREIRA, M. I. P.; GOMES NÉTO, N. C. Soluções baseadas na Natureza aplicadas à gestão das águas: integrando conservação florestal e sistemas permaculturais à luz da Agenda 2030 da ONU – o caso da Estação Semente Águas Claras. **Revista Principia – Divulgação Científica & Tecnológica do IFPB**, n. 51, p. 30-43, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/3695/1442>. Acesso em: 15 dez. 2021.

FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidroelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 177-185, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/359>. Acesso em: 29 abr. 2023.

FINISDORE, J.; RHODES, C.; HAINES-YOUNG, R.; MAYNARD, S.; WIELGUS, J.; DVARSKAS, A.; HOUDET, J.; QUÉTER, F.; LAMOTHE, K.A.; DING, H.; SOULAND, F.; HOUTVEN, G.V.; ROWCROFT, P. The 18 benefits of using ecosystem services classification systems. **Ecosystem Services**, v. 45, n. 45, p. 1-29, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041620301029>. Acesso em: 15 dez. 2022.

HOUGHTON, R. A.; GOODALE, C.L. **Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems**. New York: Ecosystems and Land Use Change, 2004. 344 p. DOI: 10.1029/153GM08. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Richard-Houghton/publication/228849045_Effects_of_Land-Use_Change_on_the_Carbon_Balance_of_Terrestrial_Ecosystems/links/54bf932f0cf2f6bf4e04feb0/Effects-of-Land-Use-Change-on-the-Carbon-Balance-of-Terrestrial-Ecosystems.pdf. Acesso em: 05 mai. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação Brasileira**, Sistema fitogeográfico - Inventário das formações florestais e campestres - Técnicas e manejo de coleções botânicas - Procedimentos para mapeamento. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p. (Manuais Técnicos em Geociências, n 1). ISSN 0103-9598 Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-tecnico-da-vegetacao-brasileira.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2022.

JESUS, R. M. DE. Recuperação de áreas degradadas. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. 2, p. 407–412, 1992. DOI: 10.24278/2178-5031.199242802. Disponível em: <https://rif.emnuvens.com.br/revista/article/view/802>. Acesso em: 01 mai. 2023.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relação solo-planta. São Paulo: Editora Agronômica CERES, 1979. 262 p.

LIMA, A. P.; OKIMOTO, C. K. DA S.; FERREIRA, R. DE A.; COPPOLA, R. C. Projeto e implantação de sistema agroflorestal no Sítio K e K, Presidente Epitácio, SP. **Revista Mirante**, v. 10, n. 5, p. 128-144, 2017. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/7106>. Acesso em 30 de abril de 2023.

LIMA, J.A DE S.; CARMO, C. A.; MOTTA; P.E.F.; KENDEL, A. **Estimativa de biomassa e estoque de carbono de uma floresta secundária em Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n 20). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/338318/estimativa-de-biomassa-e-estoque-de-carbono-de-uma-floresta-secundaria-em-minas-gerais>. Acesso em: 14 abr. 2021.

MATRANGOLO, W. J. R. Importância da adubação verde para as florestas. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, 04 dez, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154952/1/Importancia-adubacao.pdf> Acesso em: 20 de mai. de 2022.

MEIRA, A. C. S.; MELLO, A. A.; SANQUETTA, C. R.; FERREIRA, R. A. Estimativa de biomassa e carbono em área de Mata Atlântica implantada por meio reflorestamento misto. **Biofix Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 130-134, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i1.67298>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/67298> . Acesso em:15 abr. 2022.

MEINERS, S. J.; CADOTTE, M. W.; FIDLEY, J. D.; PICKETT, S. T. A.; WALKER, L. R. Is successional research nearing its climax? New approaches for understanding dynamic communities. **Functional Ecology**, v. 29, n. 29, ed. 2, p. 155-164, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12391>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-435.12391#:~:text=Is%20successional%20research,SECTIONS> . Acesso em: 01 mai. 2022.

MIRANDA, D. L. C. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em área de restauração florestal no sudoeste paulista**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Paraná,

Curitiba, 2008. 130 p. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/15930?show=full> . Acesso em: 01 mai. 2023.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 927 p, ISBN 972310158X.

POLATTO, L. P.; ALVES JÚNIOR, V. V. Sistema reprodutivo de *Sparattosperma leucanthum* (VELL.) K. SCHUM(BIGNONIACEAE). **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 289-296, 2009. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/11071>. Acesso em: 28 abr. 2023.

PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D.; FIDALGO, E. C. C.; GONÇALVES, A. O.; DANTAS, M.; SILVEIRA, M. M. L.; MELLO, A. G.; MANSUR, K. L.; CARVALHO, B. A.; VIEIRA H.; DOURADO, F. **Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do rio Macabu, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. (Embrapa Solos. Documentos; n. 63). ISSN 1517-2627. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/461/1/doc63_2004_riomacabu.pdf. Acesso em: 13 de mai. de 2022.

RIBEIRO, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando a geração de crédito de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária**. 2007. 139 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3220>. Acesso em: 28 abr. 2023.

CBHBPSSI – COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO BAIXO PARÁIBA DO SUL E ITABAPOANA. **Mapa das áreas de fragilidade ambiental da RPPN Semente Águas Claras**. Campos dos Goytacazes: Sala de Monitoramento do CBHBPSSI, 2022. 1 mapa, color., 42 X 29,7 cm. Escala 1:2.500.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINO, T. R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. Método de determinação de biomassa florestal. *In: As florestas e o carbono*. Curitiba: Ed. Dos Autores, 2002. p. 119 –140.

SILVA, A. F. DA; OLIVEIRA, R. V. DE; SANTOS, N. R. L; DE PAULA, A.. **Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontanha da Fazenda São Geraldo, Viçosa – MG**. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 311-319, 2003. Disponível em :<https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000300006>. Acesso em: 28 abr.2023.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, v. 38, n. 1, p. 185-206, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v38i1.11038>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/11038> . Acesso em: 5 abr.2022.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.DE, ABRANTES, F. DE L., SILVA, M. P. DA, ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010. DOI: 10.4025/actasciagronv32i2.2061. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026591019>. Acesso em: 28 abr. 2023.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, R., MUUKKONEN, P.; LEHTONEN, A.; WEISS, P. Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. **European Journal of Forest Research**, v. 126, n. 126, p. 197–207, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0125-7>. Disponível em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC41687>. Acesso em: 13 mai. 2022.

SUCELLUS. **Projeto de Mapeamento das RPPN Águas Claras I e II**. Macaé: Sucellus, 2021. 3 mapas. Escala 1:3000. Disponível em: //sucellus.space/cliente. Acesso em: 02 mai. 2021.

TAVARES, S. R. DE L.; MARINHO, H. R.; DONAGEMMA, R. A.; MEIRELES, R. C. S.DE.; RODRIGUES, N. F. **Otimização de métodos analíticos para determinação de germânio em solos por técnica de espectrométricas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2022. (Documentos n. 235). ISSN 1517-2627. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1148840?locale=es> . Acesso em: 28 abr. 2023.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II**. Tese (Doutorado em ciências florestais) – Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.138 p. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/26789/T%20-%20WATZLAWICK%2c%20LUCIANO%20FARINHA.pdf?sequence=1&isAllowed> Acesso em 15 maio 2022.