

Levantamento dos

dados da flora das cabruças e estimativa de estoque de carbono

utilizando a ferramenta
GHG Protocol

novembro/2021





 **Laboratório de Ecologia
Aplicada à Conservação**
Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC



realizadores

Dra. Larissa Rocha Santos
Dra. Deborah Faria
Dra. Marina Figueiredo
Dr. Eduardo Assad
Camila Estevam

apoiadores

Instituto Arapyaú
Dengo
WRI Brasil

banco de imagens

Instituto Arapyaú

sumário

1	introdução	06
2	metodologia	08
	Área de Estudo	
	Levantamento dos dados florísticos	
	Levantamento dos dados de sombreamento	
	Estimativa da biomassa acima do solo	
	Levantamento dos dados da fazenda	
	Índice de manejo	
	Estoque de Carbono	
	Cálculo de carbono na biomassa florestal de árvores sombreadoras	
	Cálculo de carbono na biomassa aérea de Cacau	
	Análise estatísticas da relação entre produção, sombreamento, manejo e estoque de carbono	
3	resultados	15
	Dados Florísticos – Geral	
	Sombreamento e Biomassa – Geral	
	Dados por propriedade	
	Levantamento dos dados da fazenda	
	Cálculo de carbono na biomassa área do sistema cabruca	
	Índice de manejo	
	Relação entre produção, sombreamento, manejo e estoque de carbono	
4	discussão	32
5	conclusão	34
6	anexos	36

Índice de figuras

Figura 1: Esquema representativo da distribuição de quatro parcelas (50 x 50 m) dentro das propriedades amostradas, bem como da subparcela (25 x 25 m) estabelecida, e dos três locais (pontos em laranja) de amostragem das fotos hemisféricas. _____	09
Figura 2: Metodologia para mensuração da porcentagem de sombreamento acima dos pés de cacau. _____	10
Figura 3: Fotos das Cabruca visitadas, evidenciando a heterogeneidade das mesmas. _____	16
Figura 4: As espécies exóticas (A) e as espécies nativas (B) mais abundantes, maior número de indivíduos, considerando todas as árvores amostradas nas 17 fazendas na região Cacaueira do sul da Bahia. _____	18
Figura 5: Gráficos de frequência dos valores de (a) Produtividade média de cacau nos últimos anos (kg/ha), (b) porcentagem de sombreamento (c) Índice de manejo, por propriedade, (d) Estoque de CO ₂ total em tonelada e (e) Estoque de carbono total em tonelada. _____	25
Figura 6: Relação entre as principais variáveis de interesse, sendo (a) relação entre estoque de carbono e sombreamento, (b) relação entre produtividade e estoque de carbono e por fim (c) relação entre sombreamento e produtividade média. _____	27
Figura 7: Gráfico do índice geral (somatória do sombreamento, produtividade, índice de manejo e estoque de CO ₂) por propriedade do estudo. _____	29
Figura 8: Relação entre as principais variáveis de interesse com ajuste, sendo (a) relação entre estoque de carbono e sombreamento, (b) relação entre produtividade e estoque de carbono e por fim (c) relação entre sombreamento e produtividade média. _____	29

Índice de tabelas

Tabela 1: Lista das 11 perguntas feitas durante a entrevista com os responsáveis de cada propriedade. _____	11
Tabela 2: Tabela com as informações gerais das 17 fazendas amostradas na região cacauera do sul da Bahia. _____	17
Tabela 3: Tabela resumo com as informações das perguntas realizadas (Nº P, se refere ao número da pergunta presente no questionário, que está na metodologia) para os proprietários das 17 fazendas (de acordo com o código de cada propriedade) na região cacauera do sul da Bahia. _____	20
Tabela 4: Dados do estoque de carbono em cada uma das propriedades nas áreas aferidas com dados de carbono total estocado em tonelada (C total), CO ₂ total estocado em tonelada (CO ₂ total), quantidade de CO ₂ estocado apenas em pés de cacau, em tonelada e porcentagem que o estoque de CO ₂ em pés de cacau representa do total do sistema (% CO ₂ Cacau). _____	22
Tabela 5: Índice de manejo das propriedades amostradas de acordo com os dados obtidos pelos responsáveis durante as entrevistas aplicadas. Considerado a presença/ausência ou a frequências dos parâmetros dos diferentes aspectos (adubação, roçagem, controle da vassoura de bruxa e polinização). _____	23
Tabela 6: Compilação dos dados de porcentagem de sombreamento, estoque de carbono e CO ₂ total em tonelada, produtividade média de cacau nos últimos anos em kg/ha e índice de manejo para cada uma das propriedades. _____	24
Tabela 7: Índice geral gerado a partir da somatória do sombreamento, produtividade, índice de manejo e estoque de carbono e CO ₂ por fazenda, segundo valores demonstrados pela tabela. _____	28
Tabela 8: Tabela de correlação entre as variáveis: total de estoque de CO ₂ (tCO ₂ Total), porcentagem de sombreamento (Sombra), Índice de Manejo e Produtividade (kg/ha). _____	31

01

introdução



introdução

Com o crescente aumento nas taxas de emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, e frente a atual problemática das mudanças climáticas, se tornou de extrema importância estimar com precisão a quantidade de emissão e sequestro de carbono de diferentes atividades econômicas. Diante desse cenário, o GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol) vem suprir essa necessidade, estabelecendo um modelo padronizado globalmente que permite mensurar de maneira confiável a emissão e sequestro de GEE de atividades econômicas, possibilitando o planejamento de ações de mitigação.

Para ampliar a gama de atividades econômicas do GHG Protocol também estão sendo inseridas atividades econômicas de menor impacto no clima, com baixas emissão de GEE, como sistemas agroflorestais. Na região cacauceira da Bahia, grande parte da produção do cacau (*Theobroma cacao*) ocorre em agroflorestas, que em sua maioria estão sob o regime de manejo tradicional conhecido como cabruca, no qual o cacau é cultivado sob a sombra de árvores nativas. Além da importância econômica da Cabruca, ela também agrega uma grande importância para conservação da biodiversida-

de e prestação de serviços ambientais, como o estoque de carbono (Perfecto & Vandermeer 2008, Nair 2011).

Devido a extensa área de cultivo de cacau cabruca, estima-se que 59% do total de carbono acima do solo em toda a região do sul da Bahia são encontradas nas cabruças (Schroth et al. 2015). Neste contexto, o aumento da produtividade através da intensificação do sistema – raleamento agroflorestal ou substituição total pelo sistema de monocultivo a pleno sol – tem um impacto significativo nas emissões regionais de carbono, e provavelmente de reduzir a adequabilidade climática regional para o cultivo frente a cenários de aquecimento global.

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi realizar o levantamento florístico (estrutura e composição de árvores sombreadoras) em diferentes cabruças situadas no sul da Bahia, assim como obter informações relacionadas ao manejo das fazendas vinculados a emissão de gases de efeito estufa. Desta forma, torna-se possível estimar o estoque de carbono em cada uma das propriedades, buscando compreender a dinâmica para futura elaboração do *GHG Protocol Cacau*.

02

metodologia



metodologia

Área de estudo

O estudo foi realizado em 17 propriedades produtoras de cacau de alta qualidade, durante os meses de julho a agosto de 2021, situadas na região cacaueira do sul da Bahia, distribuídas em 11 municípios. Essas propriedades fornecem cacau para a Dengo, que é empresa parceira deste projeto e selecionou as propriedades para participarem do estudo.

Para manter o sigilo das propriedades, serão utilizados códigos para cada uma delas durante o relatório.

Levantamento dos dados florísticos

Para o cálculo do estoque de carbono é necessário ter as medidas estruturais (diâmetro à altura do peito e altura total)

e a identificação taxonômica mais refinada possível (para se obter a densidade da madeira da espécie registrada) das árvores consorciadas com o cacau, chamadas de sombreadoras. Desse modo, foi realizado o levantamento da comunidade arbórea em um hectare em cada uma das 17 cabruças selecionadas. Para isso, foram delimitadas quatro parcelas de 50 por 50 m, distantes minimamente 30 m entre si (Figura 1). Em cada parcela foram amostradas todas as árvores sombreadoras do cacau adultas, isto é, que apresentavam diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou maior que 10 cm. As árvores com caules múltiplos tiveram o DAP de todos os caules mensurados, e foram consideradas na amostragem quando o

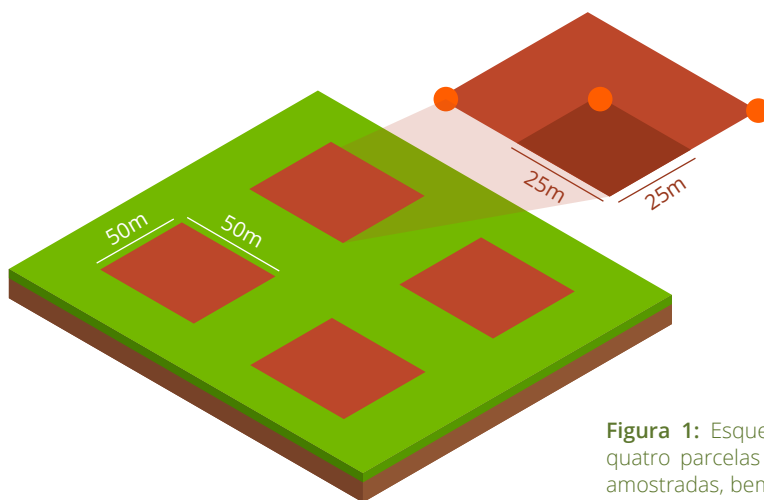


Figura 1: Esquema representativo da distribuição de quatro parcelas (50 x 50 m) dentro das propriedades amostradas, bem como da subparcela (25 x 25 m) estabelecida, e dos três locais (pontos em laranja) de amostragem das fotos hemisféricas.

diâmetro quadrático médio foi ≥ 10 cm. As árvores foram identificadas ao menor nível taxonômico possível e medidas (DAP e altura) também foram aferidas. A identificação das espécies foi realizada em campo sempre que possível, e as plantas não identificadas tiveram ramos coletados para posterior identificação em herbários da região e virtuais.

Além dos dados da comunidade arbórea sombreadora do cacau, também foi realizada a contagem do número de árvores de cacau em uma subparcela de 25 por 25 m, e feito as medidas estruturais (diâmetro a 30 cm do solo e altura total) de 10 árvores de cacau (Figura 1). Desse modo, também foi possível se conhecer a densidade média de cacueiros na fazenda, assim como a estimativa de carbono estocado pelo mesmo.

Levantamento dos dados de sombreamento

A estimativa da porcentagem de sombreamento foi realizada em três pontos em cada parcela, de modo a formar uma linha diagonal, na qual sempre foram amostrados dois nos vértices e um no centro da parcela (Figura 1). As fotos foram sempre tiradas a 5,5 m de altura, possibilitando assim que a foto fosse tirada acima da copa dos cacauzeiros (Figura 2A), para mensurar a porcentagem de sombreamento em cada ponto. As fotos foram tratadas no software Gap Light Analyzer (GLA), no qual as imagens são binarizadas entre pixels pretos (vegetação) e brancos (céu), permitindo assim calcular para cada foto a porcentagem da abertura do dossel dado pelos pixels brancos ou a porcentagem de sombreamento dado

Figura 2: Metodologia para mensuração da porcentagem de sombreamento acima dos pés de cacau.



A.

Imagem da metodologia para tirar as fotos do dossel acima da copa dos cacauzeiros (destacado em vermelho o aparelho a 5,5m do solo, para a retirada da foto).



B.

Exemplo da binarização (pixel preto representando a vegetação, e branco representando o céu) das fotos do dossel, feita no programa GLA.

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

pelos pixels pretos (Figura 2B). A porcentagem de sombreamento em cada fazenda foi dada pela porcentagem média dos valores das 12 fotos da fazenda (três fotos em cada uma das quatro parcelas).

Estimativa da biomassa acima do solo

Em cada uma das parcelas será estimada a biomassa acima do solo usando a equação ($0,0559 \times (pD^2H)$) proposta por Chave et al. (2014) para florestas tropicais, na qual D é o diâmetro ao nível do peito, H é a altura da árvore e p é a densidade da madeira de cada espécie. A densidade da madeira será obtida para cada espécie identificada através da literatura em bancos de dados específicos

para espécies tropicais (Chaves et al. 2006) e bancos de dados globais como "Global wood density database" (Chave et al. 2009, Zanne et al. 2009). Quando a informação não estiver disponível para a espécie, será usada a média de densidade do gênero ou da família. Com a estimativa de biomassa é possível conhecer o estoque de carbono das fazendas.

Levantamento dos dados da fazenda

Para o levantamento de dados sobre o manejo vinculado a emissão de carbono, foi realizada uma entrevista com o proprietário ou responsável pela área (meeiro) para se obter informações sobre o estoque e emissão de gases (Tabela 1).

Tabela 1: Lista das 11 perguntas feitas durante a entrevista com os responsáveis de cada propriedade.

Intuito	Pergunta
Estoque	1. Número de pés de cacau em toda a propriedade
Estoque	2. Área total de Cabruca
Estoque	3. Idade da Cabruca
Estoque	4. Qual o tipo de cultivo antes de ser cabruca
Emissão	5. Qual o tipo e quantidade de adubo (quando aplicado)
Estoque	6. Qual a classe textural do solo (Arenoso, Médio, Argiloso)?
Emissão	7. Qual o tipo de processo de secagem do cacau? Quanto usa de lenha (se for o caso)
Emissão	7.1 Quanto de lenha para outros usos?
Emissão	8. Quanto de combustível é usado na manutenção da fazenda (ex.: roçagem)
Emissão	9. Alguma área da fazenda já foi queimada? Usa a queima para manutenção da área?
Emissão/ estoque	10. Mudança uso terra (pasto p/ cabruca; cabruca p/ floresta; floresta p/ cabruca)
Rendimento	11. Qual foi a maior produção da fazenda e quando foi?
Rendimento	11.1. Qual a produção média de cacau nos últimos 10 anos
Rendimento	11.2. Quanto o cacau contribui para o faturamento da fazenda?
Rendimento	12. Tipo de cultivo, convencional ou orgânico?

Índice de Manejo

Para o cálculo do índice de manejo foram utilizados os dados fornecidos pelos responsáveis de cada propriedade durante a entrevista. Considerando quatro diferentes aspectos (adubação, roçagem, controle da vassoura de bruxa e polinização). Para cada um dos parâmetros avaliados foi considerado o valor 1 para presença ou zero para a ausência, e para casos de avaliação da frequência do manejo, foi utilizado o número bruto de vezes dado pelo produtor. Mais especificamente, foi avaliado:

1. Adubação

a) Se o responsável realizava qualquer tipo de adubação, convencional, orgânica, agroecológica ou biodinâmica (valores assumidos foi de zero ou um).

b) Qual a frequência que realiza a adubação na cabruca (valor referente ao número de vezes realizado por ano).

2. Roçagem

a) Qual a frequência que realiza roçagem do sub-bosque (valor referente ao número de vezes realizado por ano).

3. Controle vassoura de bruxa

a) Poda drástica de ramos (valores assumidos foi de zero ou um).

b) Desbaste, considerado a retirada dos ramos novos, principalmente após a colheita (valor referente ao número de vezes realizado por ano).

c) Casqueiro, utilização de cal nas cascas dos frutos após a quebra, para eliminar possíveis focos de vassoura de bruxa (valores assumidos foi de zero ou um).

d) Adubação foliar com sílica, que auxilia no controle da vassoura de bruxa (valores assumidos foi de zero ou um).

4. Polinização

a) Otimização da polinização, executada com auxílio de equipamento que aumentam a taxa de polinização aumentando a produtividade (valores assumidos foi de zero ou um).

Estoque de Carbono

O levantamento de estoque de CO₂ considerou o carbono presente em biomassa aérea florestal das espécies que foram contabilizadas no levantamento florístico.

A análise não considerou o fator temporal, ou seja, a dinâmica do carbono no sistema. Dessa forma, os dados obtidos no levantamento referem-se ao carbono estocado no momento das medições.

A metodologia de cálculo foi baseada na estrutura metodológica dos protocolos para cálculos de inventários de emissões de GEEs que vêm sendo desenvolvidos há quase duas décadas pelo World Resources Institute (WRI) em parceria com o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Atu-

almente, as métricas estabelecidas pelo GHG Protocol são internacionalmente aceitas e utilizadas para o desenvolvimento de inventários corporativos, projetos e estudos relacionados a emissões e remoções de GEE.

Especificamente, a ferramenta utilizada como base para o cálculo foi o GHG Protocol Florestas e SAFs que possui ferramentas para mensurar e gerir de forma mais efetiva as emissões agrícolas de florestas e sistemas agroflorestais.

Cálculo de carbono na biomassa florestal de árvores sombreadoras

Segundo a ferramenta do GHG Protocol Florestas e SAFs, o carbono armazenado na biomassa é determinado de acordo com a equação abaixo:

$$CO_{2 \text{ biomassa}} = Vol \times Dens \times Cf \times 44/12$$

Onde:

$CO_{2 \text{ Biomassa}}$ = estoque de CO₂ associada à biomassa em tonelada métrica por hectare

Vol = volume (m³) por hectare ou por árvore

$Dens$ = densidade básica da madeira, kg/m³

Cf = fração de carbono da matéria seca

$44/12$ = fator de conversão de C para CO₂ (adimensional)

Com os dados da estimativa de biomassa acima do solo obtidos para cada indivíduo

florestal do estudo, o cálculo do CO₂ foi feito através da seguinte equação:

$$CO_{2 \text{ biomassa}} = Vol \times Dens \times Cf \times 44/12$$

Sendo: $Vol \times Dens = biomassa$:

$$CO_{2 \text{ biomassa}} = BASest \times Cf \times 44/12$$

Onde: $BASest = biomassa \text{ estimada (valor obtido no estudo)}$

Em seguida, somaram-se os valores de CO₂ por indivíduo e por fim, o valor total de estoque de CO₂ associado à biomassa total por hectare na fazenda.

Cálculo de carbono na biomassa aérea de Cacau

Para o cálculo de estoque de CO₂ na biomassa aérea presente em pés de cacau, também se utilizou a metodologia do GHG Florestal e SAFs, onde o carbono armazenado na biomassa é mantido constante a partir da idade máxima de crescimento da planta e assim, computado no balanço final das remoções.

Para o cacau, utilizou-se um valor médio de 15 anos de crescimento da planta, sendo que a partir desta idade, não foi computado adição de biomassa e conseqüentemente, estabilização de estoque de carbono.

Além disso, a produção das espécies frutíferas está relacionada com os seus respectivos tamanhos e ritmos de crescimento de

cada espécie, sendo o cacauzeiro considerado uma espécie de ritmo de crescimento lento. Seguindo metodologia de cálculo de estoque de CO₂ descrita acima e utilizando um valor médio de incremento anual de biomassa ao longo dos 15 anos, variando de acordo com a densidade de plantas no sistema, calculou-se o estoque de CO₂ acumulado em biomassa aérea para todos os indivíduos de cacau presentes em um hectare da fazenda.

Análise estatísticas da Relação entre produtividade, sombreamento, manejo e estoque de carbono

Após a realização do levantamento dos dados e cálculo do estoque de carbono, as informações foram compiladas e variáveis de interesse foram analisadas de maneira a compreender as tendências entre as relações de produtividade, sombreamento e estoque de CO₂ em Cabruca. Além disso, análises de dispersão e correlação foram utilizadas para avaliar os dados.

03

resultados



resultados

Entre as 17 propriedades foi registrada uma grande heterogeneidade entre as Cabruca em diversos aspectos como na diversidade e densidade das espécies sombreadoras, densidade e tipos de clone de cacau, e principalmente com diferentes tipos e intensidade de manejo (uso de herbicida, roçagem, adubação,

sombreamento, controle fitossanitário), bem como diferentes terrenos (declives, tipo de solo, abundância de rios e córregos) (Figura 3). O registro dessa heterogeneidade é importante para caracterizar os diferentes tipos de cabruca presentes na região e assim entender seu papel em relação a emissão e estoque de carbono.

Figura 3: Fotos das Cabruca visitadas, evidenciando a heterogeneidade das mesmas.



A.
Plantação de cacau com domínio de bananeira como sombreadoras



B.
Cabruca em alto declive e com presença de diversos corpos de água.



C.
Cabruca com presença de árvores sombreadoras de grande porte (como o Vinhático e Jequitibá).



D.
Cabruca sem declive, com grande densidade de cacau e poucas árvores sombreadoras.



E.
Cabruca que utiliza o cacau clonado.



F.
Cabruca com cacau Parazinho.



G.
Cabruca com dossel aberto e pouco sombreada.



H.
Cabruca com dossel mais fechado e bem sombreada.

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

Dados Florísticos – Geral

A densidade de árvores sombreadoras variou de 51 a 331 indivíduos por hectares (média de 160 ± 90 indivíduos). Restringindo as árvores nativas a densidade foi de 15 a 93, com média de 54 ± 27 indivíduos, tendo apenas uma fazenda que não obteve o mínimo de 20 árvores nativas por hectare, necessárias para ser considerado Cabruca como de-

finido no Decreto Estadual Nº 15.180 de 2014 (Tabela 2). Enquanto a densidade pés de cacau variou de 416 a 1036 por hectare (média de 760 ± 168). O Diâmetro médio das árvores sombreadoras nas propriedades variou de 19 a 50 cm e a altura de 5 a 15 m. Foram registrados diversos indivíduos de grande porte, em média 40% dos indivíduos das propriedades tinham diâmetro ≥ 30 cm, sendo

Tabela 2: Tabela com as informações gerais das 17 fazendas amostradas na região cacauzeira do sul da Bahia. Contendo o código da fazenda amostrada, e os respectivos valores de densidade de pés de cacau por hectare (Cacau/ha), densidade de indivíduos arbóreos sombreadores do cacau (Arv./ha), densidade de indivíduos arbóreos pertencentes a espécies nativas da Mata Atlântica (Arv. nativa/ha), o diâmetro médio (DAP - cm), a altura total média (Alt. - m), riqueza de espécies (Nº Sp), densidade de indivíduos arbóreos de grande porte, com diâmetro ≥ 30 cm, ≥ 70 cm e ≥ 100 cm, porcentagem de sombreamento acima dos pés de cacau (Sombra) e a biomassa das árvores sombreadoras (t/ha).

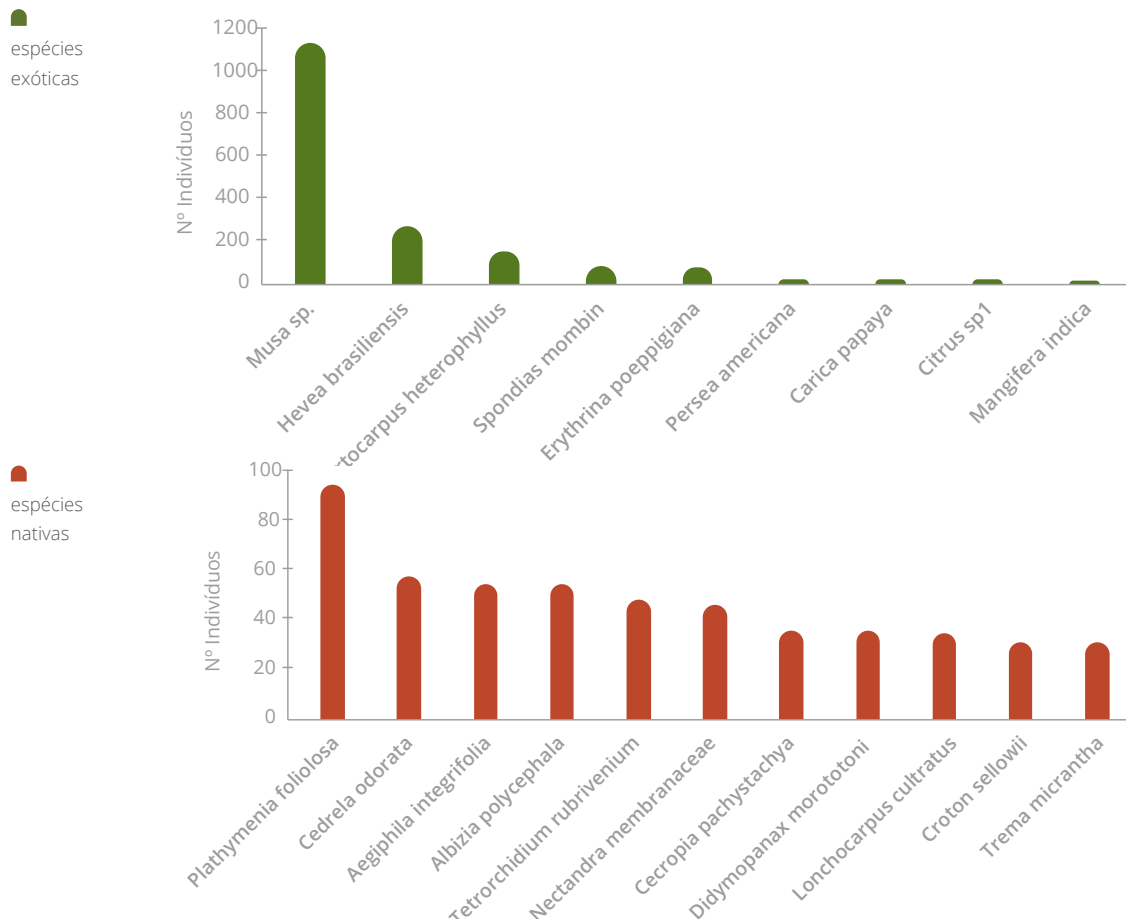
Fazenda	Cacau/ha	Arv./ha	Arv. nativa	DAP	Alt	Nº Sp	≥ 30 cm	≥ 70 cm	≥ 100 cm	Sombra(%)	Biomassa (t)
F1	824	128	86	33,2	12	30	52	13	5	65,2	131,67
F5	416	331	91	18,9	5	30	28	7	1	28,0	41,26
F6	776	67	24	30,6	10	22	30	4	0	32,9	36,69
F7	860	51	21	50,5	9	13	26	17	7	45,0	83,91
F8	1036	99	84	35,9	11	20	56	6	0	24,2	58,16
F9	508	133	91	31,1	10	32	55	4	1	37,9	62,56
F10	880	109	47	34,6	9	27	37	14	5	47,6	106,95
F11	944	299	36	19,7	5	31	29	5	2	36,7	41,69
F12	752	244	28	25,9	10	20	90	0	0	36,7	67,66
F13	644	143	93	32,8	12	21	53	11	3	52,9	73,89
F15	840	294	58	21,6	5	31	36	10	6	50,5	146,31
F17	948	104	29	26,3	7	29	28	3	0	47,7	31,43
F18	828	275	62	24,3	7	23	47	13	3	50,9	70,81
F19	704	102	54	45,5	12	23	57	19	4	55,0	198,01
F20	508	96	51	45,4	13	34	62	15	8	59,4	179,00
F21	716	128	15	48,9	15	14	105	16	3	42,6	173,44
F22	740	110	46	49,1	14	32	73	23	11	56,3	166,26
Média Geral	760	160	54	33,8	10	25	51	11	3	45,3	98,6

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

que apenas uma das fazendas não apresentou nenhuma árvore com diâmetro ≥ 70 cm, e 13 das 17 áreas teve indivíduos com diâmetro ≥ 100 cm, evidenciando a idade avançada das Cabruca (Tabela 2). De modo geral, considerando todas as propriedades foram amostradas 2713 árvores, distribuídas em 153 espécies (Anexo 1). Entre as espécies registradas se encontram cinco espécies ameaçadas de extinção, sendo duas como em perigo (*Annona dolabripetala*; *Cariniana legalis*) e três classificadas como vulnerável a extinção (*Euterpe edulis*; *Melanoxylon braúna*; *Cedrela odorata*).

A riqueza das Cabruca variou bastante tendo de 13 a 34 espécies sombreadoras diferentes em um hectare amostrado. A espécie mais abundante das Cabruca foi a Banana representando 40% dos indivíduos amostrados (total de 1089 indivíduos) e tendo sua densidade variando de 2 a 224 indivíduos por hectare. Outras espécies exóticas com alta abundância nas Cabruca foi a Seringa e a Jaca com 265 e 148 indivíduos, respectivamente (Figura 4). A espécie nativa mais frequente foi o Vinhático com 90 indivíduos, seguida por Cedro com 55 indivíduos, Cobi e Figaldo, ambas com 52 indivíduos (Figura 2).

Figura 4: As espécies exóticas e as espécies nativas mais abundantes, maior número de indivíduos, considerando todas as árvores amostradas nas 17 fazendas na região Cacaueira do sul da Bahia.



Sombreamento e Biomassa – Geral

Foi registrada uma média de $45,3 \pm 11,3\%$ de sombreamento, variando de 24 a 65% entre as fazendas (Tabela 2). No entanto, vale ressaltar que o nível de sombreamento foi influenciado pelo fato de que as fotos foram realizadas no período em que as espécies caducifólias estavam sem folhas, principalmente o Cajá e a Seringa que foram bem abundantes entre as árvores sombreadoras. A presença de árvores sem as folhas foi registrada em 15% das fotos de dossel, e em algumas fazendas cujo a principal espécie sombreadoras foi a Seringa (exemplo F12) essa influência foi mais evidente, mostrando que o sombreamento terá valores menores no período de inverno (maior queda das folhas) do que no verão.

A biomassa acima do solo dada pelas árvores sombreadoras do cacau representou em média $98,6 (\pm 56)$ toneladas por hectare, variando de 31 a 198 toneladas ficando evidente que as Cabruca estoam uma grande quantidade de carbono (Tabela 2).

Levantamento dos dados da fazenda

Os dados da entrevista permitiram entender sobre as ações de manejo da fazenda que influenciam no estoque e emissão de carbono. Foi notado que as atividades responsáveis pela emissão de carbono ocorreram em baixa intensidade, devido: 1. o processo de secagem do cacau se dá principalmente pelo sol, usando a queima de lenha apenas como um processo complementar; 2. O combustível utilizado dentro da fazenda é pequeno uma vez que o transporte não é motorizado; 3. O uso de queima para

abrir novas áreas é incomum; 4. O tipo de mudança do uso do solo mais comum foi de pasto para cabruca, transformação que incorpora carbono.

O levantamento de informações evidenciou que as áreas de Cabruca são bem antigas, maioria com 90 anos ou mais, as demais entre 40 e 80 anos (exceto uma recente de 25 anos), e que essas Cabruca em sua grande maioria antes eram áreas de florestas. A adubação foi bem variada entre os proprietários, ao longo dos anos, e também entre os produtos usados (o cloreto de potássio, ureia, esterco, a própria casca do cacau - casqueiro - com cal, pó de rocha, cinza, entre outros). Quanto a secagem do cacau, foi visto que 11 dos 17 proprietários usam lenha para auxiliar no processo de secagem que é feito pelo sol em estufas ou barcaças. Várias propriedades também usam a lenha para outras atividades, como cozinhar, no entanto, muitos informaram que usam madeira caída naturalmente para esse fim. O uso de combustíveis para a manutenção da fazenda foi baixo, sendo que a maioria (59%) não usa combustível, realizando o transporte interno por meio de animais e a roçagem por biscó (um tipo de facção com cabo mais comprido). O uso de queimadas para abrir nova área de plantio ocorreu em apenas 4 propriedades, para pequenas áreas (todas de 1 hectare). Em relação a mudança no uso da terra foi visto que a maior mudança ocorreu na transformação de áreas de pasto em áreas de cabruca (≈ 15 ha), mas também foi presente de cabruca para floresta (≈ 3 ha) e de floresta para cabruca ($\approx 2,5$ ha). Quanto a produção, vários proprietários

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

informaram que a maior produção de cacau foi igual ou maior que 1000kg por hectare (variando de 172 a 1245 kg/ha), e a produção média variou de 134 a 1050 kg/ha. Somente 29% dos proprietários tem toda a renda da fazenda dependente do cacau, mas a grande maioria o cacau representa de 70% ou mais da renda.

As maiores produções foram vistas em fazendas pequenas, com níveis de sombreamento de médio a alto, com maior manejo (como a adubação), além disso, o cultivo de forma orgânica foi visto em 5 fazendas, e está associada a valorização do preço da arroba de cacau, uma vez que produz amêndoas de melhor qualidade.

Tabela 3: Tabela resumo com as informações das perguntas realizadas (Nº P, se refere ao número da pergunta presente no questionário, que está na metodologia) para os proprietários das 17 fazendas (de acordo com o código de cada propriedade) na região cacauzeira do sul da Bahia.

Nº P	F01	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11
1	≈ 800	23 mil	6 mil	4,5 mil	não sabe	≈ 4.2 mil	não sabe	≈ 8 mil
2	≈ 1 ha	≈ 8 ha	10 ha	9,6 ha	13 ha	12,55 ha	≈ 7 ha	≈ 3,75 ha
3	80 anos	≈ 50 anos	≈ 40 anos	≈ 90 anos	≈ 40 anos	≈ 90 anos	mais de 100	≈ 50 anos
4	Pasto e floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta
5	10/10 – 15 sacos	não usa	às vezes ureia	cobre (80 kg), esterco, casqueiro com cal	Cloreto de K, Uréia e Super-simples (70 sacos)	casqueiro com cal	não usa	Adubo A - 22 sacos
6	argiloso	médio	argiloso	Argiloso	médio argiloso	Argiloso	médio	argiloso-arenoso
7	sol e lenha (3 a 4 m³)	sol e lenha (3 m³)	sol e lenha (10m³)	sol e lenha (10m³)	sol e lenha (não soube%)	sol e lenha (0-5m³)	Estufa (sol)	sol
7.1	5m³	zero	2 m³	zero	não sabe	zero	zero	zero
8	transp. animal	20L - roçagem + 15L transp.	60 L/ano - roçagem	zero (animal; biscó)	≈ 80 L/ano roçagem	zero (animal; biscó)	zero (animal; biscó)	20 L/ano
9	não	não	não	não	1 ha (controlada)	1 ha (controlada)	não	não
10	0,5 p/c + 0,5 f/c	2 f/c	8 a 10 p/c	não	não	não	não	0,5 p/c
11	900 kg/ha	700 kg/ha (2015-2016)	720 kg/ha (anos 90)	625 kg/ha (2018 a 2020)	700 kg/ha (2012)	1.245 kg/ha (anos 90)	não sabe	810 kg/ha (2015-2016)
11.1	480 kg/ha	500 kg/ha	150 kg/ha	328 kg/ha	461 kg/ha	393 kg/ha	430 kg/ha	480 kg/ha
11.2	95%	70%	70%	80%	tem outras (não sabe %)	100%	90%	80%
12	convencional	convencional	convencional	convencional	convencional	orgânico	convencional	convencional

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

Tabela 3: Continuação.

N° P	F12	F13	F15	F17	F18	F19	F20	F21	F22
1	≈ 8 mil	≈ 4.4 mil	3.8 mil	não sabe	253 mil	38 mil	90 mil	90 mil	45 mil
2	≈ 11 ha	12.86 ha	4 ha	≈ 2 ha	817 ha	45 ha	≈ 180 ha	≈ 180 ha	≈ 80 ha
3	≈ 50 anos	≈ 90 anos	≈ 200 anos	≈ 25 anos	≈ 100 anos	≈ 40 anos	mais de 100	mais de 100	mais de 100
4	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta
5	Supersimples, cloreto de K - 30 sacos	casqueiro com cal	biodinâmicos, bokashi, pó de rocha, cinza	10/10 - 20 a 30 sacos	NPK - 1280 sacos/ano /20% da área, esterco e fosfato	não usa	recomendações TIMAC	recomendações TIMAC	2017 - NPK (16) 100 sacos
6	médio	Argiloso	argiloso-arenoso	médio	franco argiloso-arenoso	médio	argiloso e misto	argiloso e misto	médio
7	sol	sol e lenha (0-5m³)	sol	lenha (5m³)	sol e gás - 1063,44 kg/ano	sol e lenha (10m³)	sol e lenha (20m³)	sol e lenha (20m³)	Barcaça (sol)
7.1	lenha caída	zero	zero	3 m³	zero	zero	5 a 10 m³	5 a 10 m³	zero
8	zero (animal; biscó)	zero (animal; biscó)	114 L/ano - roçagem	20 L/ano - roçagem	≈ 40.000 L/ano - transp. + maquina + roçagem	trans animal	zero (animal; biscó)	zero (animal; biscó)	trans animal
9	não	1 ha (controlada)	não	1 ha (controlada)	-	não	não	não	não
10	não	não	não	4 a 5 p/c	-	2 a 4 c/f	não	não	não
11	680 kg/ha (2015-2016)	1.245 kg/ha (anos 90)	1.200 kg/ha (2014)	1.200 kg/ha (2017)	-	266 kg/ha (2015)	1.000 kg/ha (2002)	1.000 kg/ha (2002)	656 kg/ha (em 1998)
11.1	340 kg/ha	393 kg/ha	1.050 kg/ha	600 kg/ha	-	200 kg/ha	255 kg/ha	255 kg/ha	206 kg/ha
11.2	80%	100%	60%	80%	-	95%	100%	100%	100%
12	convencional	orgânico	orgânico	convencional	-	orgânico	convencional	convencional	convencional

Cálculo de carbono na biomassa área do sistema cabruca

A soma do estoque de CO₂ presente nos indivíduos sombreadores e no cacau, corresponde ao valor total de CO₂ estocado no sistema no momento em que foi realizado o levantamento

florístico. A tabela abaixo apresenta os valores totais dos estoques de carbono e CO₂ nas propriedades, com destaque para os estoques em cacau (para informações mais detalhada para o estoque de cada espécie por fazenda, acessar o Anexo 2).

Tabela 4: Dados do estoque de carbono em cada umas das propriedades nas áreas aferidas com dados de carbono total estocado em tonelada (C total), CO₂ total estocado em tonelada (CO₂ total), quantidade de CO₂ estocado apenas em pés de cacau, em tonelada e porcentagem que o estoque de CO₂ em pés de cacau representa do total do sistema (% CO₂ Cacau).

Propriedades	C total (ton)	CO ₂ Total (ton)	CO ₂ Cacau (ton)	% CO ₂ Cacau
F1	84,5	309,2	96,8	31%
F5	31,5	115,5	48,9	42%
F6	41,1	150,4	91,2	61%
F7	64,6	236,4	101,0	43%
F8	53,6	196,3	102,5	52%
F9	43,9	160,6	59,7	37%
F10	75,4	275,9	103,4	37%
F11	43,9	160,7	93,4	58%
F12	53,9	197,3	88,4	45%
F13	53,3	194,9	75,7	39%
F15	87,2	319,2	83,1	26%
F17	39,5	144,5	93,8	65%
F18	53,6	196,2	81,9	42%
F19	109,9	402,2	82,7	21%
F20	95,2	348,5	59,7	17%
F21	99,4	363,9	84,1	23%
F22	97,0	355,2	86,9	24%

Ao realizar o levantamento do estoque de carbono, observou-se que a média do valor entre as propriedades foi de 242 toneladas de CO₂ por hectare em Cabruca, sendo que, na média, o cacau representa cerca de 40% do carbono presente. Já em quantidade de carbono total, a média encontrada foi de 66 toneladas por hectare, variando de 31 a 109 toneladas. A alta variação ocorre devido

as diversas quantidades, tamanhos dos indivíduos florestais e densidade da madeira de cada espécie nas propriedades.

A propriedade que se destaca pelo maior estoque é a F19 com 409 toneladas de CO₂ em um hectare. Isso ocorre já que existem três indivíduos de Sapucaia que representam 50% do carbono de todo o perímetro.

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

A propriedade F05 apresenta a menor quantidade de carbono estocado no sistema (115,5 t CO₂). Tal fato ocorre pela menor quantidade de pés de cacau e espécies sombreadoras de grande porte, tendo uma quantidade significativa de indivíduos de banana (*Musa sp.*)

Das 17 fazendas amostradas, 15 possuem quantidades expressivas de banana consorciadas ao cacau, no entanto, a banana possui baixa biomassa

vegetal e com isso, baixo estoque de carbono quando comparado a árvores de maior porte no sistema, reduzindo o estoque de CO₂ na área.

Índice de Manejo

A fazendas apresentaram uma grande variação no índice de manejo, dado principalmente diferença na frequência de adubação e de desbaste. Desse modo, a fazenda com menor manejo ficou com valor 3 e a mais manejada com valor 30 (Tabela 5).

Tabela 5: Índice de manejo das propriedades amostradas de acordo com os dados obtidos pelos responsáveis durante as entrevistas aplicadas. Considerado a presença/ausência ou a frequências dos parâmetros dos diferentes aspectos (adubação, roçagem, controle da vassoura de bruxa e polinização).

Fazenda	1. Adubação		2. Roçagem	3. Controle vassoura de bruxa				4. Polinização	Total
	1a	1b	2a	3a	3b	3c	3d	4a	
F1	1	3	3	1	2	0	0	0	10
F5	0	0	3	0	0	0	0	0	3
F6	0	0	3	1	0	0	0	0	4
F7	1	3	3	1	4	1	1	1	15
F8	1	2	1	1	1	0	0	0	6
F9	1	1	3	0	0	1	1	0	7
F10	0	0	4	1	6	0	0	0	11
F11	1	2	3	1	4	0	0	0	11
F12	1	1	1	1	6	0	0	0	10
F13	1	1	3	0	0	1	1	0	7
F15	1	12	3	1	12	1	0	0	30
F17	1	2	2	1	0	0	0	0	6
F18	1	1	1	1	3	1	0	0	8
F19	1	1	1	1	2	1	0	0	7
F20	1	0,25*	2	1	2	0	0	0	6,25
F21	1	0,25*	2	1	3	0	0	0	7,25
F22	1	0,25*	3	1	2	0	0	0	7,25

* Última adubação há quatro anos

Relação entre produtividade, sombreamento, manejo e estoque de carbono

Para a análise de dados das variáveis de interesse, as informações dos estoques de carbono, porcentagem de sombreamento, produtividade declarada e índice de manejo foram compiladas a fim de se compreender a relação entre esses dados nas fazendas analisadas, como pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 6: Compilação dos dados de porcentagem de sombreamento, estoque de carbono e CO₂ total em tonelada, produtividade média de cacau nos últimos anos em kg/ha e índice de manejo para cada uma das propriedades.

Propriedades	Sombra %	C total (ton)	CO ₂ Total (ton)	Produtividade média (kg/ha)	índice de Manejo
F1	65,2	84,5	309	480	10
F5	28	31,5	115	500	3
F6	32,9	41,1	150	150	4
F7	45	64,6	236	328	15
F8	24,2	53,6	196	461	6
F9	37,9	43,9	161	393	7
F10	47,6	75,4	276	430	11
F11	36,7	43,9	161	480	11
F12	36,7	53,9	197	340	10
F13	52,9	53,3	195	393	7
F15	50,5	87,2	319	1050	30
F17	47,7	39,5	145	600	6
F18	50,9	53,6	196	134	8
F19	55	109,9	402	200	7
F20	59,4	95,2	348	255	6,25
F21	42,6	99,4	364	255	7,25
F22	56,3	97	355	206	7,25

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

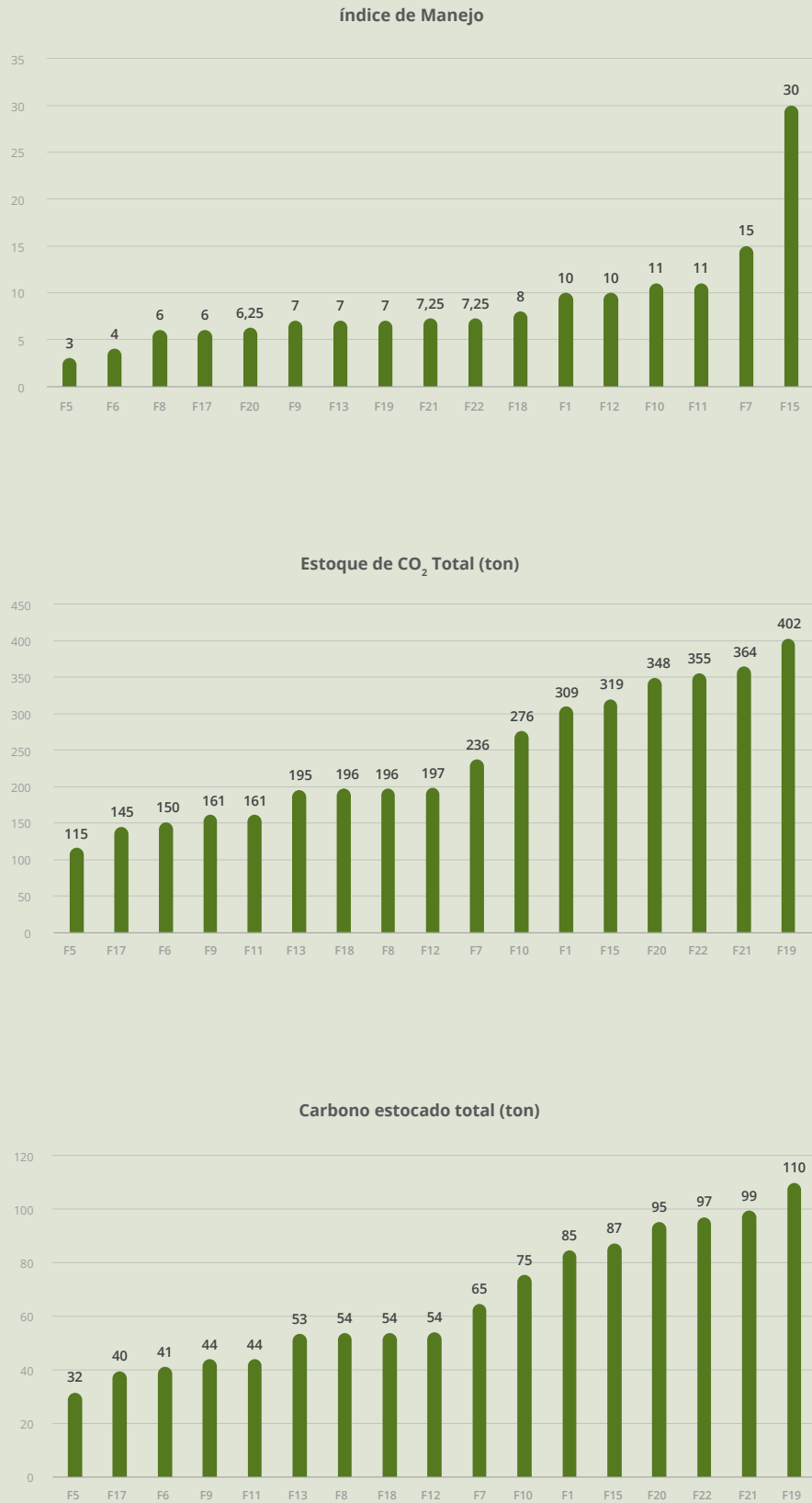
A Figura 5 apresenta a distribuição de cada uma das variáveis descritas acima, por propriedade. Nota-se que algumas fazendas se destacam pela alta produtividade e manejo, como o caso da F15 (1050 kg/ha). Da mesma forma, algumas fazendas se destacam pela baixa produtividade como a F18 e F06, sendo 134 e 150 kg/ha respectivamente.

Figura 5:
Gráficos de
frequência dos
valores.



dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

Figura 5:
Continuação

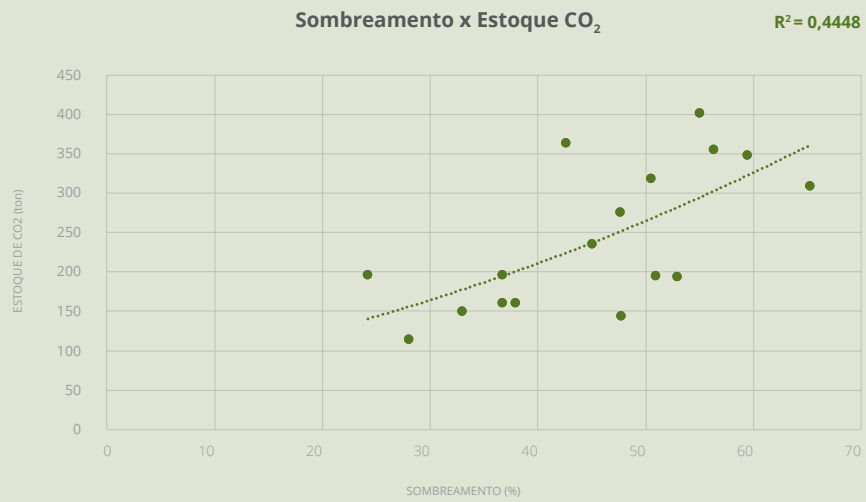


dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

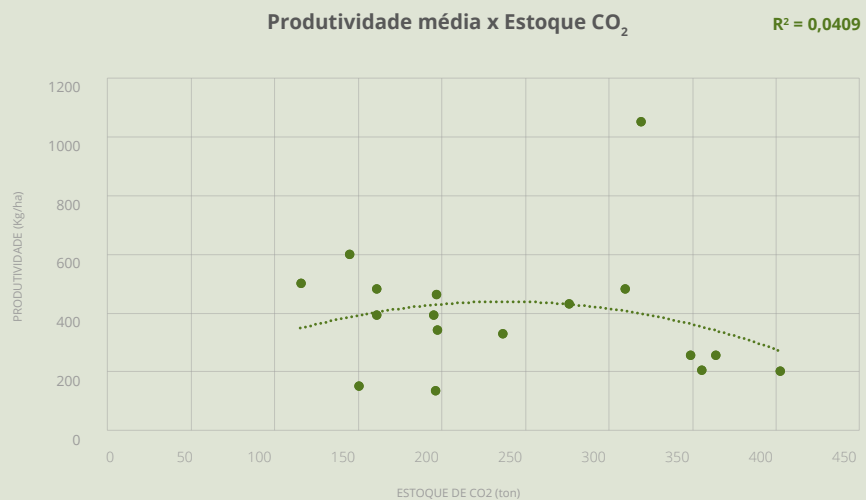
A fazenda 15 novamente se destaca por apresentar um índice de manejo três vezes acima da média do grupo, possuindo também uma produtividade expressiva em relação aos demais, com sombreamento em torno de 50%.

Em seguida, foram realizadas análises estatísticas buscando compreender a relação entre as variáveis, como pode ser analisado na Figura 6.

Figura 6:
Relação entre as principais variáveis de interesse.



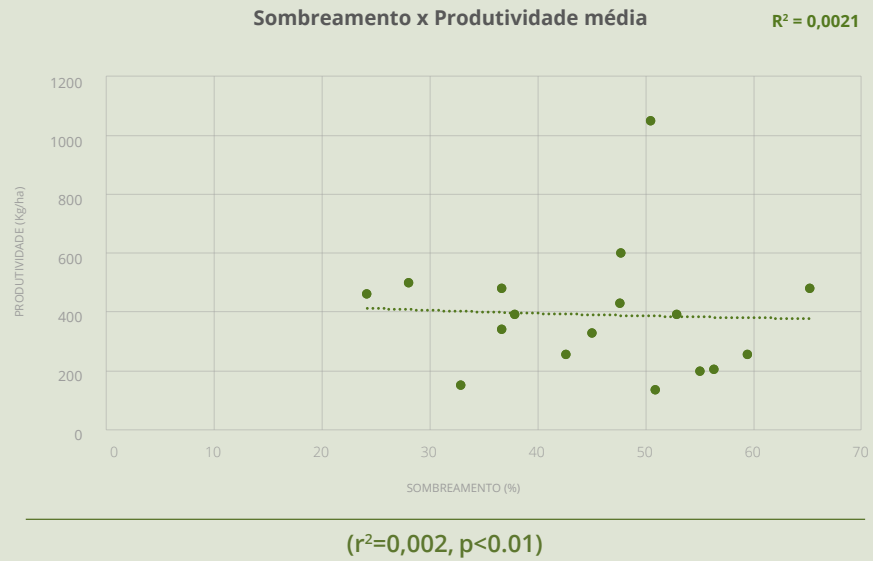
($r^2 = 0,44$, $p < 0.01$)



($r^2 = 0,04$, $p < 0.01$)

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

Figura 6:
Continuação.



Visando compreender como as propriedades possuem diferentes desempenhos e como esse fato influencia na análise, foi elaborado um índice geral com o objetivo de distinguir as propriedades entre si. Para isso, foram

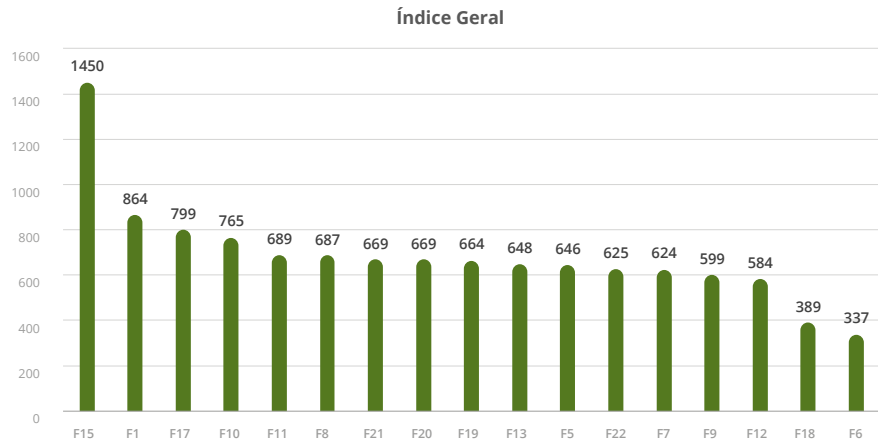
somados os valores de produtividade mensal, porcentagem de sombreamento, estoque de CO_2 e índice de manejo, obtendo assim um único valor para cada fazenda, como pode ser observado a seguir.

Tabela 7:
Índice geral gerado a partir da somatória do sombreamento, produtividade, índice de manejo e estoque de carbono e CO_2 por fazenda, segundo valores demonstrados pela tabela.

Propriedades	Índice Geral	Sombra %	C total (ton)	CO_2 Total (ton)	Produtividade média (kg/ha)	índice de Manejo
F15	1453	50,5	87,2	319	1050	30
F1	864	65,2	84,5	309	480	10
F17	798	47,7	39,5	145	600	6
F10	765	47,6	75,4	276	430	11
F13	712	52,9	53,3	195	393	7
F11	688	36,7	43,9	161	480	11
F8	688	24,2	53,6	196	461	6
F20	669	59,4	95,2	348	255	6,25
F21	669	42,6	99,4	364	255	7,25
F19	664	55	109,9	402	200	7
F5	646	28	31,5	115	500	3
F22	625	56,3	97	355	206	7,25
F7	624	45	64,6	236	328	15
F9	598	37,9	43,9	161	393	7
F12	584	36,7	53,9	197	340	10
F18	455	50,9	53,6	196	134	8
F6	337	32,9	41,1	150	150	4

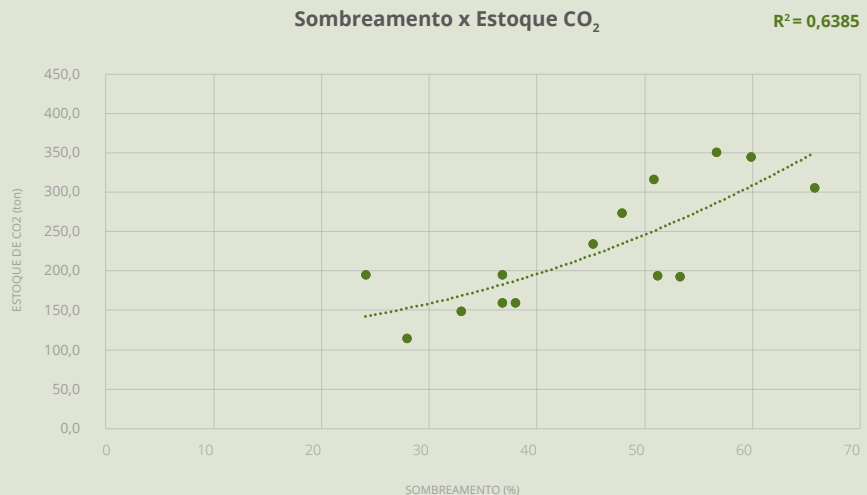
dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

Figura 7:
Gráfico do índice
geral por propriedade
do estudo.



Com isso, pode-se perceber que as fazendas 15 e 1 apresentam os maiores valores do índice, já as fazendas 6 e 18, os menores. Essas quatro propriedades, posicionadas nos extremos da classificação das fazendas pelo índice gerado, foram removidas da análise de correlação, gerando os modelos ajustados, como pode ser observado na figura 8.

Figura 8:
Relação entre as
principais variáveis de
interesse com ajuste.

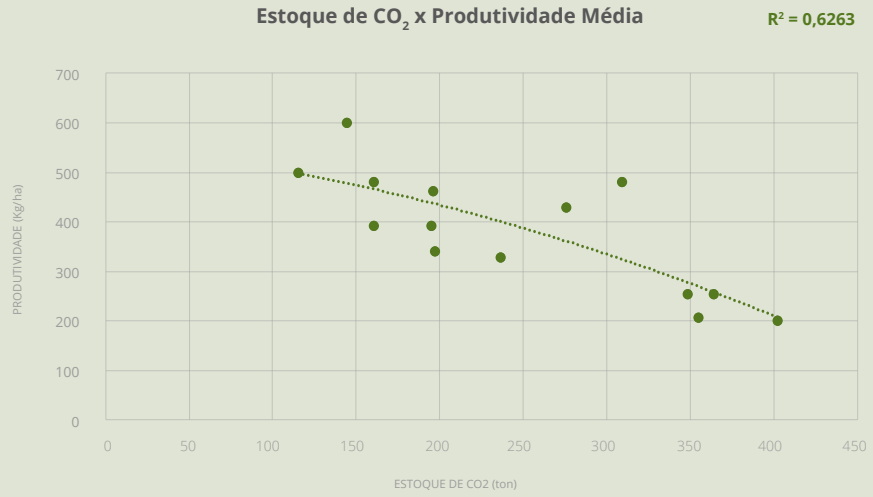


($r^2 = 0,63$, $p < 0,01$)

Foram removidos da análise as propriedades:
F01, F21 e F19

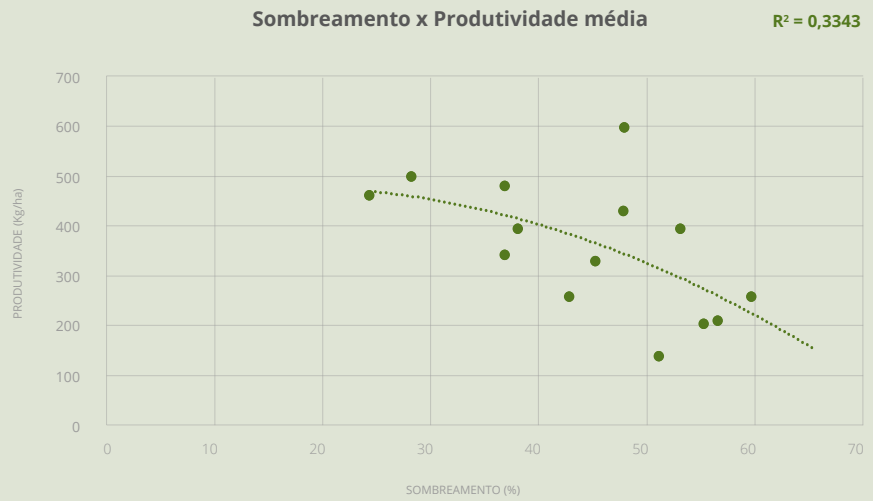
dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

Figura 8:
Continuação.



(r² = 0,62, p < 0.01)

Foram removidos da análise as propriedades:
F15, F06 e F18



(r² = 0,33, p < 0.01)

Foram removidos da análise as propriedades:
F01, F06 e F15

dados da flora das cabruças
e estimativa de estoque de carbono

Além das quatro propriedades posicionadas nos extremos (F15, F1, F06 e F18), duas outras apresentaram características que as distinguem das demais na análise, sendo a F19 por possuir o maior valor de estoque de carbono da amostra (409 t CO₂) devido a presença de 3 Sapucaias que representam 50% do total de carbono e a F21 por apresentar grande quantidade de espécies de seringueira na propriedade, fazendo com que seja a segunda fazenda com maior estoque de CO₂ (364 t CO₂), mesmo apresentando sombreamento médio (43%).

Por fim, a tabela abaixo indica a matriz de correlação que mede o grau de dependência entre duas variáveis. Pode-se notar que o estoque de carbono tem alta relação com sombreamento, já a produtividade tem alta relação com manejo (Tabela 8).

Tabela 8:

Tabela de correlação entre as variáveis: total de estoque de CO₂ (tCO₂ Total), porcentagem de sombreamento (Sombra), Índice de Manejo e Produtividade (kg/ha).

	CO ₂ Total	Sombra	Índice de Manejo	Produtividade
CO ₂ Total	1,00			
Sombra	0,70	1,00		
Índice de Manejo	0,28	0,23	1,00	
Produtividade	-0,10	-0,05	0,71	1,00

A análise de correlação indica que sombreamento e estoque de CO₂ possuem correlação positiva forte (0,70), assim como a produtividade e manejo apresentam uma alta correlação entre si (0,71). Por outro lado, é positiva e baixa a correlação entre o estoque de CO₂ e o sombreamento (0,28 e 0,23 respectivamente). Já produtividade se correlaciona negativamente com estoque de CO₂ e sombreamento, sendo uma correlação fraca.

04

discussão



discussão

O levantamento florístico realizado em 17 propriedades forneceu informações que permitiram uma análise mais aprofundada para o sistema de Cabruca com relação ao seu potencial mitigador de gases de efeito estufa (GEE). Nesta amostragem, que contemplou parcelas totalizando 17 hectares de área, registrou a presença de 2713 árvores, distribuídas em 153 espécies, sendo cinco ameaçadas de extinção.

Os dados permitiram realizar o cálculo do estoque de carbono tanto na cultura do cacau, quanto nas espécies sombreadoras. O cacau foi responsável, na média, por 40% do carbono estocado no sistema, variando entre propriedades que apresentavam mais ou menos indivíduos florestais de grande porte e pela densidade de cacauzeiros por hectare.

A variação do adensamento de plantas afeta a porcentagem de sombreamento e, consequentemente, o estoque de carbono no local como demonstrou a análise de dispersão. Das 17 propriedades, 15 possuem quantidades significativas de bananeiras, que possuem baixa quantidade de biomassa verde e com isso, baixo estoque de carbono. Isso deve ser levado em consideração quando analisamos a relação entre adensamento de plantas e estoque de carbono, e consequentemente, sombreamento.

Buscando compreender como a produtividade do cacau se relacionava com o estoque de carbono e sombreamento, concluímos que o fator manejo é fundamental. Em particular destacamos os resultados observados na fazenda 15 que mostra que a alta produtividade vem acompanhada de um maior índice de manejo, e consequentemente pode-se obter valores altos

de estoque de carbono e sombreamento, sem comprometer questões econômicas.

Outras fazendas que possuem práticas menos frequentes de manejo indicaram uma relação inversa entre sombreamento e produtividade, onde o aumento da produtividade viria acompanhado apenas da diminuição do sombreamento e consequentemente, queda do estoque de carbono devido a remoção de árvores do sistema. Tais dados necessitam de um olhar aprofundado para que se consiga compreender o cenário ótimo de equilíbrio entre as variáveis em questão.

A amostra de forma geral apresentou um perfil diverso entre proporções de produtividade, sombreamento e estoque de carbono. Um olhar individual demonstra que a presença de diferentes tipos florestais pode influenciar significativamente na busca por um ponto de equilíbrio, como o caso da fazenda 19 em que 3 árvores foram responsáveis por 50% do carbono de todo o sistema.

Uma forma de contornar a sensibilidade da análise é aumentando a amostra e buscando incorporar propriedades com índices de manejo diversos. Assim, pode-se garantir análises mais confiáveis e com menores interferências como foi observado nas análises de dispersão onde a exclusão de 2 a 3 fazendas alteravam a significância do modelo de $r^2 = 0,04$ para 0,62.

O ajuste do modelo também indica a importância do fator manejo quando se busca um ponto de equilíbrio, visando alcançar alta produtividade mantendo sombreamento médio/alto e alto estoque de carbono, uma vez que a busca por essa sinergia garante uma produção rentável ao produtor sem comprometer o meio ambiente.

05

conclusão



conclusão

A Cabruca possui alto potencial de estocar carbono, principalmente pela presença dos indivíduos sombreadores que, na média, representam 60% do estoque de carbono do sistema, demonstrando seu potencial mitigador.

O estudo indica que há uma forte tendência de uma sinergia entre as principais variáveis de interesse. As análises permitiram compreender que o sombreamento tem forte correlação com o estoque de carbono do sistema, devido a maior presença de biomassa.

Existe a necessidade de uma amostragem maior de fazendas que possuem diferentes tipos de manejo, assim como aplicar um questionário que permita aferir o manejo de forma mais quantitativa (valores por hectare). Possibilitando assim uma aferição mais acurada a respeito da relação entre sombreamento, produtividade e estoque de carbono.

De acordo com as fazendas analisadas na amostragem, a relação entre sombreamento e produtividade é inversa. Contudo, sabe-se que a adoção de práticas de manejo adequadas pode atuar na inversão dessa relação.

A propriedade 15 demonstra que, com manejo adequado, é possível alcançar níveis muito altos de produção com a manutenção de razoável sombreamento local, ilustrando situações de sinergia e não trade-off

entre conservação e produção. Ressalta-se que, além da produção per se, a manutenção de elevados estoques locais de carbono podem promover o acesso do produtor a mercados de carbono, além de outros serviços ambientais ainda não precificados, porém com alta relação com a manutenção local de sombra, como a água.

Através das análises estatísticas de correlação e modelagem, é possível estimar a influência entre diferentes variáveis. Segundo os dados ajustados, o aumento de 10% de sombreamento, gera aumento de 50 t CO₂ ao sistema por hectare. Já o aumento de 10 toneladas de CO₂ levaria a uma queda da produtividade em aproximadamente 11 kg/ha. Por fim, o último modelo aponta que aumentar em 10% o sombreamento gera uma queda de produtividade de 73 kg/ha. No entanto, sugerimos ampliar a amostragem, incluindo maiores variações de práticas de manejo, afim de permitir uma análise mais robusta destas relações entre produção, biodiversidade, sombra, estoque de carbono e manejo.

Por fim, ressalta-se que o levantamento do estoque de carbono do estudo refere-se à quantidade acumulada no sistema, obtida através de medições realizadas pelo levantamento florístico e cálculos com base na metodologia GHG Protocol Florestas e SAFs. Uma vez que não possuímos informações a respeito das datas exatas da implementação da Cabruca, não foi possível inferir a dinâmica do carbono no sistema.

06

referências



referências

1. Chave, J.C., Muller Landau, H.C., Baker, T.R., Easdale, T.A., ter Steege, H., Webb, C.O. (2006) Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species. *Ecological Applications*, 16: 2356-2367.
2. Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G., & Zanne, A. E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology letters*, 12(4), 351-366.
3. Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., ... & Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global change biology*, 20(10), 3177-3190.
4. Nair, P.K.R. 2011. Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*, 40: 784-790.
5. Perfecto, I. & Vandermeer, J. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 173-200.
6. Schroth, G., Bede, L.C., Paiva, A.O., Cassano, C.R., Amorim, A.M., Faria, D., Mariano-Neto, Martini, A.M.Z., Sambuichi, R.H.R. & Lôbo, R.N. 2015. Contribution of agroforests to landscape carbon storage. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20:1175-1190.
7. Zanne et al. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://datadryad.org/handle/10255/dryad.235>

