



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ISADORA MONTEIRO DE ALMEIDA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AGROECOSSISTEMA URBANO COM BASE
AGROECOLÓGICA: ECOINEC

FORTALEZA

2025

ISADORA MONTEIRO DE ALMEIDA

Eficiência energética em agroecossistema urbano com base agroecológica: ECOINEC

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Agronomia. Área de concentração: Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Julius Blum

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A447e Almeida, Isadora Monteiro de.
Eficiência energética em agroecossistema urbano com base agroecológica : ECOINEC / Isadora Monteiro de Almeida. – 2025.
48 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Julius Blum.
1. Agroecologi. 2. Agroecossistemas. 3. Agricultura urbana. 4. Produção agroflorestal. 5. Retornos sobre o investimento de energias. I. Título.

CDD 630

ISADORA MONTEIRO DE ALMEIDA

Eficiência energética em agroecossistema urbano com base agroecológica: ECOINEC

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Agronomia. Área de concentração: Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Julius Blum

Aprovada em: 30/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Julius Blum

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Antônio Vanklane Rodrigues de Almeida

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Bruna Aires da Silva

Universidade Federal do Ceará (UFC)

FORTALEZA

2025

A Deus.
Aos meus pais, Fabiana e Nilton
A minha irmã Beatriz Monteiro

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiro a Deus, a todos os Deuses e espíritos de luz que me guiaram durante a minha vida.

A Fabiana e Nilton, meus pais que me apoiaram durante toda minha trajetória acadêmica, que me proporcionaram uma educação fenomenal, respeitaram minhas escolhas e me ouviram sempre que precisei. Me ensinaram a amar, respeitar e retribuir energias positivas para colher bons frutos, me inspiro na força que os dois possuem e desejo ser tudo que eles foram pra mim, na caminhada da vida.

A minha irmã, Beatriz Monteiro que foi minha melhor amiga, minha companheira de correria e que está comigo em todos os momentos, compartilhando das coisas que a vida nos proporciona. Uma mulher esforçada, estudiosa, intelectual e acima de tudo companheira, sendo uma inspiração para mim.

Aos meus Avós, Francisca e Júlio que foram um alicerce para mim, me educaram da forma que eles poderiam, que foram o gás para que eu me formasse, como meu vô fala: “meu orgulho!!”, essa simples frase movimentava uma força dentro de mim para seguir em frente e concluir mais essa etapa.

Aos meus exemplos de educação, Júlia, Diana, Álvaro e Júlio, educadores e instrutores de pessoas, o que não foi diferente para mim, me mostraram que a educação é a chave, que o conhecimento e a informação é uma ferramenta que não se retira, só se soma. Também quero agradecer a Marcela, Fernanda, Juliana, Heloisa e Arthur, por me apoiarem e serem uma família incrível.

Aos meus companheiros acadêmicos, que estiveram comigo durante minha graduação e compartilharam das dificuldades durante esses anos, Isabela, Sammy, Neto, Beatriz. Também aos meus amigos: Lucas, Sabrina, Maria Clara e Enoque que passaram pela minha vida, mas que continuam sendo pessoas que me inspiro e admiro.

Em especial a Lilian Cruz, que está comigo desde o início da minha caminhada dentro da UFC, sendo minha melhor amiga, companheira de trabalho e da vida. Segurou minha mão quando eu passei pelas piores fases dentro da UFC e me mostrou que sou capaz de alcançar grandes coisas.

A Lívia, minha irmã de coração, que está comigo a 22 anos sendo uma parceira em todos os momentos, divide alegrias e tristezas comigo. Que me apoia nas minhas maiores loucuras.

“Novas folhas, novas flores, na infinita bênção do recomeço”

Chico Xavier

RESUMO

As hortas urbanas possuem grande potencial para a produção de alimentos frescos e nutritivos principalmente para a população mais carente e ainda resolver outros problemas de logística e destinação de resíduos orgânicos das cidades. A identificação de modelos produtivos urbanos eficientes para cumprir com esses objetivos é essencial para a promoção da sustentabilidade do uso de recursos e promoção da nutrição e saúde humana em grandes centros urbanos. Nesse contexto, um estudo com o objetivo de determinar a capacidade de produção de alimentos e a eficiência energética de um sistema agroflorestal urbano com enfoque agroecológico foi desenvolvido no município de Fortaleza/CE; Para isso foram utilizadas as tabelas de conversão de energia para a realização dos cálculos referente ao EROI agroecológico, e a quantificação da produção permitiu a estimativa da quantidade de alimentos que o sistema é capaz de produzir e atender as necessidades de uma pessoa. O EROI permitiu quantificar o bem-estar produtivo do agroecossistema estudado, mostrando a eficiência desse modelo dentro da sociedade e da forma que ela é realizada e conduzida. Os resultados obtidos apontaram que a quantidade de biomassa adicionada ao sistema afeta diretamente na produtividade, mesmo com as adversidades climáticas evidenciadas durante o trabalho, mostrando um impacto positivo na adição e incorporação de biomassa como matéria orgânica. Além disso, durante a pesquisa foi notório a necessidade de realizar de estudos multidimensionais e interdisciplinares, incorporando variáveis econômicas, agronômicas, ecológicas, sociais e políticas, para a construção de todos os parâmetros e dados elaborados, o que cabe trazer novamente a perspectiva da urgência em incentivos e pesquisas voltadas a sistemas agroflorestais, sendo eles em agroecossistemas comumente vistos e principalmente em agroecossistemas urbanos, onde não há dados e pesquisas realizadas.

Palavras chave: Agroecologia. Agroecossistemas. Agricultura urbana. Produção agroflorestal. Retornos sobre o investimento de energias.

ABSTRACT

Urban gardens hold great potential for producing fresh and nutritious food, especially for more vulnerable populations, and can also solve other issues like logistics and the disposal of organic waste in cities. Identifying efficient urban production models to achieve these objectives is essential for promoting the sustainable use of resources and improving human nutrition and health in large urban centers. In this context, a study aimed at determining the food production capacity and energy efficiency of an agroecological urban agroforestry system was conducted in Fortaleza/CE. For this, energy conversion tables were used to perform calculations related to the agroecological EROI (Energy Return on Investment), and the quantification of production allowed for estimating the amount of food the system can produce and meet the needs of one person. The EROI helped quantify the productive well-being of the studied agroecosystem, demonstrating the efficiency of this model within society and how it is implemented and managed. The results showed that the amount of biomass added to the system directly affects productivity, even with the climatic adversities observed during the study, indicating a positive impact of biomass addition and incorporation as organic matter. Furthermore, during the research, the need for multidimensional and interdisciplinary studies, incorporating economic, agronomic, ecological, social, and political variables, became apparent for constructing all the elaborated parameters and data. This highlights the urgency of incentives and research focused on agroforestry systems, both in commonly observed agroecosystems and, especially, in urban agroecosystems, where data and research are currently lacking.

Keywords: Agroecology. Agroecosystems. Urban agriculture. Agroforestry production. Energy return on investment (EROI).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Imagem de satélite do terreno onde está implantado o projeto ECOINEC. A – Área cultivada; B – Pátio de compostagem; C – Viveiro; D – Galinheiro; E – áreas construídas; F - Área não utilizada	27
Figura 2- Área cultivada com os primeiros plantios das barreiras de vento e dos canteiros da mandala.....	28
Figura 3- Desenho projetado no Autocad com a distribuição dos setores e canteiros no sistema cultivado do projeto ECOINEC.....	29
Figura 4 - Setor D no início da pesquisa.....	31
Figura 5 - Elevação da linha de árvore e manejo de poda de 50%	32
Figura 6 - Alagamento do setor D após chuva de 200 mm.....	32
Figura 7 - Abertura de canteiros para a redução do escoamento e inundação do setor D	33
Figura 8 - Montagem de canteiros para a redução do escoamento e inundação do setor D	33
Figura 9 - Montagem dos canteiros H1D, H2D e H3D	34
Figura 10 - Triturador elétrico de material orgânico, air fryer e grade para secagem	35
Figura 11 - Materiais antes e após a secagem.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias das massas, tempo de secagem e temperatura da produção de alimentos	39
Tabela 2 – Médias das massas, tempo de secagem e temperatura de materiais que entraram, saíram e foram depositados no setor de estudo	40
Tabela 3 – Uso de materiais e energia no setor D. A origem ECOINEC são materiais produzidos no sistema ECOINEC, porém fora do setor D.....	41
Tabela 4 - Deposição de materiais das plantas do setor	42
Tabela 5 - Produção de alimentos.....	43
Tabela 6 - Uso trabalho no sistema.....	44
Tabela 7 - Distribuição da biomassa vegetal e energia bruta da mandala agroflorestal com 83,20 m ² do projeto ECOINEC	46
Tabela 8- EROI agroecológico, interno, externo e final.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

L1A Linha 1 de árvores do setor A
L2A Linha 2 de árvores do setor A
L3A Linha 3 de árvores do setor A
L1B Linha 1 de árvores do setor B
L2B Linha 2 de árvores do setor B
L3B Linha 3 de árvores do setor B
L1C Linha 1 de árvores do setor C
L2C Linha 2 de árvores do setor C
L1D Linha 1 de árvores do setor D
L2D Linha 2 de árvores do setor D
H1A Linha 1 de hortaliças do setor A
H2A Linha 2 de hortaliças do setor A
H3A Linha 3 de hortaliças do setor A
H4A Linha 4 de hortaliças do setor A
H5A Linha 5 de hortaliças do setor A
H6A Linha 6 de hortaliças do setor A
H1B Linha 1 de hortaliças do setor B
H2B Linha 2 de hortaliças do setor B
H3B Linha 3 de hortaliças do setor B
H4B Linha 4 de hortaliças do setor B
H5B Linha 5 de hortaliças do setor B
H6B Linha 6 de hortaliças do setor B
H1C Linha 1 de hortaliças do setor C
H2C Linha 2 de hortaliças do setor C
H3C Linha 3 de hortaliças do setor C
H1D Linha 1 de hortaliças do setor D
H2D Linha 2 de hortaliças do setor D
H3D Linha 3 de hortaliças do setor D
EB Energia Bruta

MSRC Massa seca real colhida

MRC Massa real colhida

MSA Massa seca amostra

MA Massa amostra

LISTA DE SÍMBOLOS

Min Minuto

Hrs Horas

°C Graus Celsius

kg Quilograma

kcal Quilocaloria

mm Milímetros

HP Cavalos de potência

% Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivos gerais	19
2.2 Objetivos específicos	19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 Agricultura familiar e Soberania alimentar	20
3.2 Agricultura urbana	21
3.3 Produção de alimentos em sistemas agroflorestais	23
3.4 Retorno sobre o investimento de energias	25
4 METODOLOGIA	27
4.1 Descrição da área de estudo.....	27
4.2 Manejo do sistema	31
4.3 Quantificação de entradas, saídas e deposição de materiais	34
4.4 Conversão de massa para energia	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor de alimentos no mundo, com destaque para a produção de soja, milho, frango, café e carne bovina (FAOSTAT, 2023). A produção de grãos passou de 38,1 milhões de toneladas para 232,6 milhões de toneladas nas últimas quatro décadas (IBGE, 2020). Produz alimentos suficientes para cerca de 1,6 bilhão de pessoas, número muito acima de sua população de 211,1 milhões de pessoas (Farsul, 2021).

Apesar da agricultura industrial ser responsável pela maior parte da produção de commodities para exportação, cerca de 70% do consumo interno do país vem da agricultura familiar. Além disso, a agricultura familiar é responsável pela maior parte dos empregos gerados pela agricultura e garante a segurança alimentar da maior parte da população que vive no campo (Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2024). Entretanto, esse tipo de agricultura ainda é negligenciado, com poucas políticas públicas, em que na maioria das vezes não possui acesso a tecnologias que facilitariam o trabalho diário, e com pouquíssimos incentivos fiscais, aportando investimentos direcionados diretamente a esses produtores (EMBRAPA, 2023).

Apesar do Brasil ser um país produtor e exportador de alimentos, com a globalização houve um distanciamento das cidades com o campo e principalmente do contato com a produção de alimentos que chegam na mesa (SAE Brasil, 2023). A praticidade de ir às prateleiras de supermercado, comprar os alimentos já processados ou minimamente processados, vem se tornando um desafio na educação alimentar. A produção de frutas, hortaliças, grãos e outros produtos em hortas caseiras está cada vez mais raro distanciando a população, principalmente os mais carentes de produtos frescos com alto valor nutritivo (Revista Tecnologia e Sociedade, 2021).

As hortas urbanas, assim como a agricultura familiar no campo, possuem grande potencial para a produção de alimentos frescos e nutritivos principalmente para a população mais carente e ainda resolver outros problemas de logística e destinação de resíduos orgânicos das cidades. A identificação de modelos produtivos urbanos eficientes para cumprir com esses objetivos é essencial para a promoção da sustentabilidade do uso de recursos e promoção da nutrição e saúde humana em grandes centros urbanos. A avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas urbanos, deve levar em consideração se o sistema possui uma produção eficiente de alimentos, e ao mesmo tempo preserva o solo e os recursos naturais, além de promover o bem-estar social e econômico, na qual auxilia na segurança alimentar e eficiência energética, dando suporte na manutenção da qualidade de vida das gerações presentes e futuras. Destacando também a construção e manutenção de solos muitas vezes degradados, uso

eficiente da água, além de criar áreas verdes dentro da cidade, o que impacta diretamente no bem-estar das pessoas, criando ilhas com temperaturas mais agradáveis, microclima mais ameno e recompondo uma fauna e flora abundante.

O índice EROI (Sigla em inglês para Energy Return On Investment - Retorno de Investimento em Energia) permite dimensionar a eficiência energética de agroecossistemas, contribuindo para a identificação de modelos mais sustentáveis com base do retorno energético de um sistema em relação à energia investida, com relação direta à capacidade do sistema para alimentar uma pessoa. A avaliação da eficiência energética tem sido usada frequentemente como ferramenta de diagnóstico de sistemas produtivos, usando fatores de conversão de energia (CHECHETTO, SIQUEIRA E GAMERO, 2010; SOUZA ET AL., 2008; ASSENHEIMER, CAMPOS E GONÇALVES JÚNIOR, 2009; SANTOS E LUCAS JUNIOR, 2004). Tais resultados são necessários para que haja um incentivo em subsidiar novos estudos, programas e políticas públicas agrícolas e rurais.

No Brasil, e especialmente para a área urbana, os trabalhos nesta área são praticamente inexistentes, também há uma carência de dados a respeito de coeficientes energéticos (CAMPOS; CAMPOS, 2004). Já existem iniciativas, como por exemplo a área experimental de agroecologia urbana- ECOINEC, onde está sendo desenvolvido um modelo de produção de agrofloresta urbana dentro da cidade de Fortaleza. Iniciativas como essa são excelentes oportunidades para a avaliação da sustentabilidade em todas suas dimensões de sistemas agroprodutivos urbanos.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Determinar a capacidade de produção de alimentos e a eficiência energética de um sistema agroflorestal urbano com enfoque agroecológico no município de Fortaleza/CE

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Quantificar a entrada de materiais externos, deposição de resíduos orgânicos e produção de alimentos no sistema;
2. Quantificar a necessidade de trabalho para as atividades de implantação e manutenção do sistema;
3. Realizar a conversão do trabalho empregado e da massa de materiais circulantes no sistema para quantidade de energia;
4. Estimar a necessidade de área do sistema para suprir a necessidade de alimentos frescos para uma pessoa;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 AGRICULTURA FAMILIAR E SOBERANIA ALIMENTAR

A agricultura familiar é um sistema produtivo que engloba uma diversidade de saberes temporais passados por gerações com suas especificidades e espacialidades, permitindo uma reprodução social da família no campo ou na cidade, mas também gerando saberes econômicos e culturais. Esse conhecimento repassado por gerações permite que haja a continuidade de práticas agrícolas harmoniosas com o meio ambiente, tendo assim um papel importante na preservação ambiental, mesmo sem acesso a produções mais modernizadas (Martins, 2001). Até a década de 1990, esse tipo de sistema agropecuário era conhecido por termos como “pequena produção”, “agricultura de subsistência”, “produtor de baixa renda” ou ainda “pobres do campo” (ABRAMOVAY, 1997; SCHNEIDER; CASSOL, 2014; WANDERLEY, 2017), porém a partir da década de 1990, esses termos e o sentido a eles atribuídos começam a ser revistos e a expressão “agricultura familiar” ganhou projeção nacional.

Trazendo para a atualidade, a agricultura familiar mais uma vez se mostrou importante para a produção de alimentos com qualidade para o Brasil e para o mundo, sendo a 8ª maior produtora de alimentos do planeta e correspondendo cerca de 23% do valor bruto da produção agropecuária (CONTAG, 2024). Agregado à essas estatísticas, os dados do censo agropecuário do IBGE, mostraram que o Brasil possui cerca de 3,9 milhões de estabelecimentos rurais familiares, esse valor representa 23% das terras agricultáveis no país, garantindo cerca de 10,1 milhões de ocupações no campo e pela dinamização econômica de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes.

O professor Jan Douwe van der Ploeg, em seus estudos, ressalta que a agricultura familiar desempenha um papel crucial no processo histórico. Ele a descreve como multidirecional, abrindo caminhos para a valorização dos potenciais ecológicos e socioculturais locais, na seguinte afirmativa: "A agricultura familiar não é uma relíquia do passado, mas uma força dinâmica que molda o presente e o futuro, valorizando os saberes locais e promovendo a resiliência socioecológica."

Além disso, a agricultura familiar agrega camponeses e povos tradicionais nesse processo, contribuindo diretamente para o progresso da sociedade em que está inserida. A agricultura familiar hoje é reconhecida pelo Estado, contando com leis que definem e

estabelecem diretrizes para a formulação de políticas públicas específicas, amparados pela Lei n. 11.326, de 2006.

Contudo os desafios para a construção de uma sociedade sustentável também é evidenciado, visto que a uma necessidade de um desenvolvimento local, em que a soberania e segurança alimentar no campo e cidade mostram-se peças importantes para esses debates, onde são estabelecidas relações dentro das cadeias da economia solidária e também para além dela, ou seja, entender os fluxos de energia e materiais, não só em relação ao fluxo monetário, e ecossistema físico e global finito (Martinez Alier, 2007).

A Federação dos Trabalhadores Rurais na Agricultura Familiar (Fetraf) aponta que a concentração de grandes extensões de terras nas mãos de poucas pessoas representa um problema significativo para a democracia. Essa concentração não se limita à posse da terra, mas se estende ao poder político e econômico, afetando diretamente a soberania alimentar do país. Segundo a Fetraf, o domínio quase completo da produção de alimentos está nas mãos de grupos internacionais, o que se soma à degradação ambiental crescente promovida por grandes produtores rurais, motivados apenas pela ambição de lucro e de possuir maiores extensões de terra, gerando uma intensa pressão sobre os ecossistemas. Essa preocupação é sintetizada na seguinte afirmação: "A concentração de terras é um entrave à democracia e à soberania alimentar, pois centraliza o poder e promove a degradação ambiental em nome do lucro."

3.2 AGRICULTURA URBANA

No Brasil existem muitos terrenos abandonados ou vazios, especialmente em áreas urbanas, podendo trazer diversos problemas para a cidade e para as pessoas que nela habitam, como por exemplo o acúmulo de lixo, proliferação de insetos e doenças, além da insegurança alimentar gerada pela falta de uso e manutenção desses terrenos, aumentando a sensação de abandono na região.

Especificamente na cidade de Fortaleza, dados do Censo 2022 divulgados em março, a partir dos setores censitários, indicam que a área central de Fortaleza, incluindo quase 100% do território do Centro, o pequeno bairro Moura Brasil e uma reduzida parte da Praia de Iracema, tem 18,9 mil moradias particulares, das quais 6,6 mil não estavam ocupadas quando o Censo foi realizado, a proporção chega a 34,95% do total de domicílios particulares desta região. Dados mais recentes no dia 26 de março de 2025, a Operação Terrenos Conservados,

realizada pela Agência de Fiscalização de Fortaleza (Agefis), já mapeou 1.550 terrenos em situação de abandono nos bairros Cambéba, Edson Queiroz, Guararapes e Praia do Futuro. Nesta primeira fase da operação, que consiste no mapeamento e análise dos terrenos, os fiscais contam com o auxílio de drones para mapear os espaços.

Esse paradoxo vivenciado pela população mostra a necessidade a apropriação e distribuição dessas áreas para que pessoas sem moradia possam ter o direito de habitar um espaço além disso se combinado a educação ambiental e alimentar, possam reconstituir essas áreas produzindo agroecossistemas sustentáveis e produzindo seus próprios alimentos de forma saudável, acessível e sustentável dentro da cidade. Para além da produção de alimentos, esses espaços são capazes de gerar renda, onde pessoas em situação de vulnerabilidade encontram uma nova perspectiva de vida (OCSF, 2024).

Quando transformamos terrenos abandonados em áreas produtivas, também ajudamos a reduzir a formação de moradias de risco, preservamos o meio ambiente e combatemos criadouros de mosquitos da dengue e outras ameaças à saúde pública (Hans Dieter Temp, Cidade Sem Fome, 2024).

Ruth Do Coutto, Chefe da Seção de Mitigação da Divisão de Mudanças Climáticas do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente afirmou:

“A agricultura urbana e periurbana pode ajudar a alimentar os moradores das cidades e, ao mesmo tempo, reduzir as temperaturas extremas nas áreas urbanas, evitar enchentes e proporcionar um cinturão verde para deter a expansão urbana.”

Cada vez mais a agricultura urbana e periurbana vem sendo destacada e com incentivos governamentais estão crescendo nas cidades do país, como uma alternativa de reduzir problemáticas dos centros urbanos, e gerar uma economia interna forte. A intenção é diminuir a distância entre o mercado e a produção, sendo possível a utilização para o autoconsumo, doações, trocas ou comércio, em pequenas áreas dentro da cidade (FGVces et al., 2022). Destaca-se que a Agricultura Urbana em Fortaleza faz referência à produção agrícola dos setores da agricultura, da pecuária e da produção artesanal de alimentos e bebidas, conforme previsão na Lei nº 9443, de 28 de janeiro de 2009, que institui o Programa Municipal de Agricultura Urbana e Periurbana de Fortaleza (Plano Fortaleza 2040, 2015).

3.3 PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

A natureza é inteligente. Quando eu comecei a observar o sistema agroflorestal é que eu comecei a perceber o valor da natureza (Felipão, agricultor agroflorestal, Cooperafloresta)

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas de produção que fazem o uso de plantas arbóreas, arbustivas e herbáceas, consorciadas com espécies agrícolas e forrageiras com ou sem a presença animal, mas obrigatoriamente associadas às espécies florestais (Embrapa Amazônia Ocidental, 2009).

De acordo com Santos (2000) e Bernardes (2008) Existem vários tipos de SAFs: quintais agroflorestais, cultivo de faixas em culturas perenes, taungya, aléias, multiestratos, capoeira melhorada, cerca viva, árvores em pasto, pastagens em plantações florestais entre outras. O componente arbóreo pode cumprir com as mais diversas funções dentro dos SAFs, desde a arborização de pastos e culturas, servir como barreiras vivas, cercas vivas, quebra-ventos, revegetação de áreas degradadas, fonte de proteína para animais, adubação verde, bosque de proteção, fornecimento de matriz energética para obtenção de biocombustíveis, apicultura, forragem, alimentação e celulose (Santos, 2000). O uso de sistemas agroflorestais pode melhorar a eficiência de uso da terra nos anos iniciais de reflorestamentos, como evidenciado por Bernardes (2008) em cultivo de eucalipto em consórcio com feijão, milho e mandioca.

Dentro desse sistema algumas técnicas são utilizadas para potencializar e acelerar suas ações, por exemplo a compostagem, vermicompostagem, minhocultura, produção de hortaliças, associação com galinheiros e outras tecnologias que ajudam diretamente na obtenção de todos os insumos necessários, além de reciclar as energias geradas dentro do sistema (EMBRAPA, 2021). Embora a adoção de Sistemas Agroflorestais (SAFs) venha se ampliando em diversas regiões do país, ainda se fazem necessárias ações substanciais tanto no aprimoramento técnico dos modelos implementados quanto na formulação e consolidação de políticas públicas agrícolas que ofereçam suporte efetivo aos produtores. Tais medidas são essenciais para que estes possam usufruir plenamente dos benefícios socioeconômicos e ambientais proporcionados por esse sistema de produção.

O Brasil pela velocidade de desertificação de áreas que antes eram produtivas tem pela frente o grande desafio de recuperar florestas e paisagens, principalmente na região semiárida, recuperando milhões de áreas degradadas e regenerando florestas. Essa recuperação é crucial

para cumprir com os compromissos climáticos e ajudar o país a fazer a transição para uma economia de baixo carbono (WRI Brasil, 2021), sistemas agroflorestais podem se prestar tanto para evitar a degradação quanto para recuperar áreas degradadas sem abrir mão da produção.

O uso de Sistemas Agroflorestais, para produzir alimentos, fibra, madeira e combustíveis para os humanos é muito mais antigo que a classificação e sistematização científica da prática. Segundo Bill Mollison (1988) apenas 6 civilizações em toda história foram, de fato, sustentáveis. Todas elas tinham uma conexão íntima e viviam integradas com a natureza à sua volta. Essas civilizações também praticavam formas de agricultura que hoje chamamos de Agrofloresta (Mann, C. 2005).

Em 1929 J. Russel Smith escreveu o livro *A Colheita das Árvores: Uma Agricultura Permanente* (Tree Crops: A Permanent Agriculture) já preocupado com os efeitos devastadores causados pela aragem do solo e cultivo de grãos. A obra de Smith teve grande influência em ambientalistas e líderes da agricultura regenerativa. David Holmgren e Bill Mollison, criadores da Permacultura, por exemplo, escreveram o livro *Permaculture 1* sob grande influência da obra de Smith. Robert Hart, que escreveu *Jardinagem Florestal: Cultivando um Paisagismo Comestível* (Forest Gardening: Cultivating an Edible Landscape) em 1991 e que teve sua obra referenciada por Bill Mollison em *Permaculture: a Designer's Manual* (Permacultura: O Manual do Designer) também sofreu influência direta da obra de Smith (Smith, J. 1929).

O mais recente estudo que se é utilizado é o proposto por Ernst Gotsch, um geneticista botânico suíço naturalizado no Brasil, com mais de 30 anos de experiência em SAFs, que criou sua própria classificação dentro da agrofloresta, dividindo em 4 camadas ou estratos (emergente, alto, médio e baixo), sendo um plantio conjunto, onde são determinadas placentas, em que cada planta com seu estrato vai criando a outra e assim perpassando os ciclos.

O sucesso de um sistema agroflorestal depende da adequada composição de espécies vegetais de modo que ocorra a sucessão ecológica. Após a formação de uma clareira, o ambiente é ocupado inicialmente por uma placenta colonizadora e pelas árvores pioneiras, seguidas pelas secundárias e pelas climácicas, onde as plantas de cada degrau da sucessão possuem adaptabilidade e funções específicas, melhorando as condições (solo e microclima) para a ocupação das espécies do próximo de grau, uma em consonância a outra de forma harmoniosa e respeitando o tempo da natureza sem causar impactos (GUIMARÃES; MENDONÇA, 2003). Nesse processo, a presença de componentes arbóreos propicia a deposição contínua de resíduos vegetais, o que facilita a manutenção da matéria orgânica do solo (Oelbermann et al., 2006; Smiley & Kruschel, 2008) afetando diretamente os atributos

físicos (Saha et al., 2001), químicos e biológicos do solo (Delabie et al., 2007; Huerta et al., 2007; Norgrove et al., 2009). Somando a isso em última análise, o SAF proporciona benefícios ambientais, como a conservação da biodiversidade, o sequestro de carbono e a melhoria no controle de qualidade da água (Reitsma et al., 2001; McNeely & Schroth, 2006; Nair, 2008).

As agroflorestas mundiais podem estocar até 310 milhões de toneladas de carbono por ano, suficiente para compensar a emissão anual de gás carbônico gerada por aproximadamente 250 milhões de veículos a gasolina de porte médio (Nature Climate Change, 2022). Um exemplo é o projeto Cacau Floresta, iniciado há dez anos e que envolve 600 famílias, cerca de três mil hectares foram restaurados na região sudeste do Pará, dos quais dois mil com agroflorestas, obtendo uma redução de 83% no número de imóveis que apresentaram desmatamento após adesão ao projeto coordenado pela The Nature Conservancy do Brasil e com múltiplos parceiros de diversos setores (The Nature Conservancy, 2023).

3.4 RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO DE ENERGIA

O EROI é um indicador que mede a eficiência da produção de energia, fornecendo assim informações para a tomada de decisões acerca do funcionamento das atividades produtivas. Quando aplicado à agricultura, mede a quantidade de energia investida (desconsiderando a radiação solar) para obter uma unidade de energia na forma de biomassa (Giampietro et al.). Simplificando, poderíamos dizer que um EROI na agricultura mede o "custo energético" (Scheidel e Sorman, 2012) da biomassa líquida produzida para a apropriação pela sociedade (Martinez Alier, 2011), seja na forma de alimentos, matérias-primas ou biocombustíveis.

Este indicador é importante quando se vivência a agricultura industrializada, que direta e indiretamente utiliza grandes quantidades de energia externa e que enfrenta o desafio de reduzir seus custos energéticos e emissões de GEE (Mapa, 2012). Dado que o metabolismo endossomático das pessoas e a produção de matérias-primas, que são difíceis de produzir sinteticamente, só podem ser satisfeitas através da produção de biomassa, a eficiência do uso de energia na agricultura tornou-se uma questão fundamental (Tello et al., 2017).

O fluxo de energia em ecossistemas é unidirecional e regido pelas leis da termodinâmica, com parte da energia solar convertida em calor e parte em biomassa ao longo da cadeia alimentar (Odum, 1988; Begon, Townsend & Harper, 2007). Embora todos os ecossistemas realizem trocas com o meio ambiente, os agroecossistemas são caracterizados por maior

abertura, com entradas e saídas de energia significativamente maiores que nos sistemas naturais (Gliessman, 2005). Nesses sistemas, além da radiação solar, insumos externos como fertilizantes, combustíveis fósseis e força de trabalho ampliam o aporte energético, enquanto a exportação de biomassa na colheita maximiza a saída (Altieri, 1999). Esse desequilíbrio pode gerar balanços energéticos negativos, levantando questionamentos sobre a sustentabilidade e a eficiência ecológica dos sistemas agrícolas (Pimentel & Pimentel, 2008; Guzmán & González de Molina, 2015).

Para efetuar os cálculos sobre a eficiência energética são necessárias informações sobre o tipo de manejo agrícola, processos tecnológicos empregados, variedades cultivadas, insumos utilizados, força de trabalho, mecanização e consumo energético, incluindo eletricidade. É essencial também decompor a biomassa vegetal produzida segundo seu uso e destinação, além de considerar características morfológicas das culturas e os coeficientes de energia incorporada em insumos e práticas agronômicas. A obtenção desses dados, em grande parte, pode ser realizada por meio de fontes secundárias e literatura especializada, possibilitando a quantificação da produtividade primária líquida (PPL) do agroecossistema analisado (Aguilera et al., 2015; Guzmán et al., 2014; Guzmán & González de Molina, 2015; Tello et al., 2015).

4. METODOLOGIA

4.1 Descrição da área de estudo

O espaço utilizado para a pesquisa está localizado no bairro Itaperi - Fortaleza, Ceará. Uma área experimental em agroecologia urbana, denominada ECOINEC, esse projeto é uma iniciativa do INEC (Instituto Nordeste Cidadania), instituição que atua na região Nordeste. Qualificada também como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (Oscip) em 2003, e tem como missão o desenvolvimento sustentável de comunidades no Nordeste, com foco em geração de renda e protagonismo social.

O projeto ECOINEC se iniciou em 2022 com planejamentos, desenhos e escolha do local em que seria implantado. No ano seguinte, o terreno escolhido começou a ser organizado, reestruturado e retirado todo o entulho que havia no local, por ter sido um depósito de entulhos por muitos anos, no total foram retiradas aproximadamente 42 m³ de materiais, a maioria fita cassete, pedras, baldrame e lixo no geral. Esse trabalho foi realizado manualmente e com caçambas, com relação à área em que iriam ser feitos os canteiros agroflorestais, realizou-se uma subsolagem com picareta, a fim de descompactar a camada por anos degradada, revolver o solo para auxiliar a infiltração e penetração das raízes e retirar as pedras ou objetos que estivessem em camadas mais profundas.

Esse terreno possui uma área total de 2.644,2 m², sendo distribuída em áreas construídas como salas para os funcionários (almoxarifado, sala comum, copa e sala de aula) e banheiros, galinheiro, viveiro, pátio de compostagem ao lado do viveiro, BET (Bacia de Evapotranspiração), além de um espaço não utilizado por ser destinado ao INEC de 712,61 m², atualmente cercado por tapume metálico (Figura 1).

Figura 1- Imagem de satélite do terreno onde está implantado o projeto ECOINEC. A – Área cultivada; B – Pátio de compostagem; C – Viveiro; D – Galinheiro; E – áreas construídas; F - Área não utilizada.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Os primeiros plantios do terreno começaram no final de 2023, em que as primeiras mudas e sementes de árvores foram plantadas (Figura 2). A área cultivada possui aproximadamente 1.272,46 m², (Figura 1) onde é constituído uma agrofloresta, composta por um pomar estratificado de 25 canteiros biodiversos, paralelos e horizontais ao terreno, esses canteiros tem como função, ser o pasto em que as galinhas irão forragear, mas também gerando biomassa para o sistema e produzindo alimentos como frutas, hortaliças, forrageiras e adubos verdes, algumas das plantas presentes no pomar são: cacau, acerola, banana, macaxeira, batata doce, limão siciliano, limão taiti, azeitona roxa, tamarindo doce, amora, tangerina, coco anão, eucalipto, margaridão, jaboticaba, sorgo, capim elefante e outras.

Figura 2- Área cultivada com os primeiros plantios das barreiras de vento e dos canteiros da mandala.



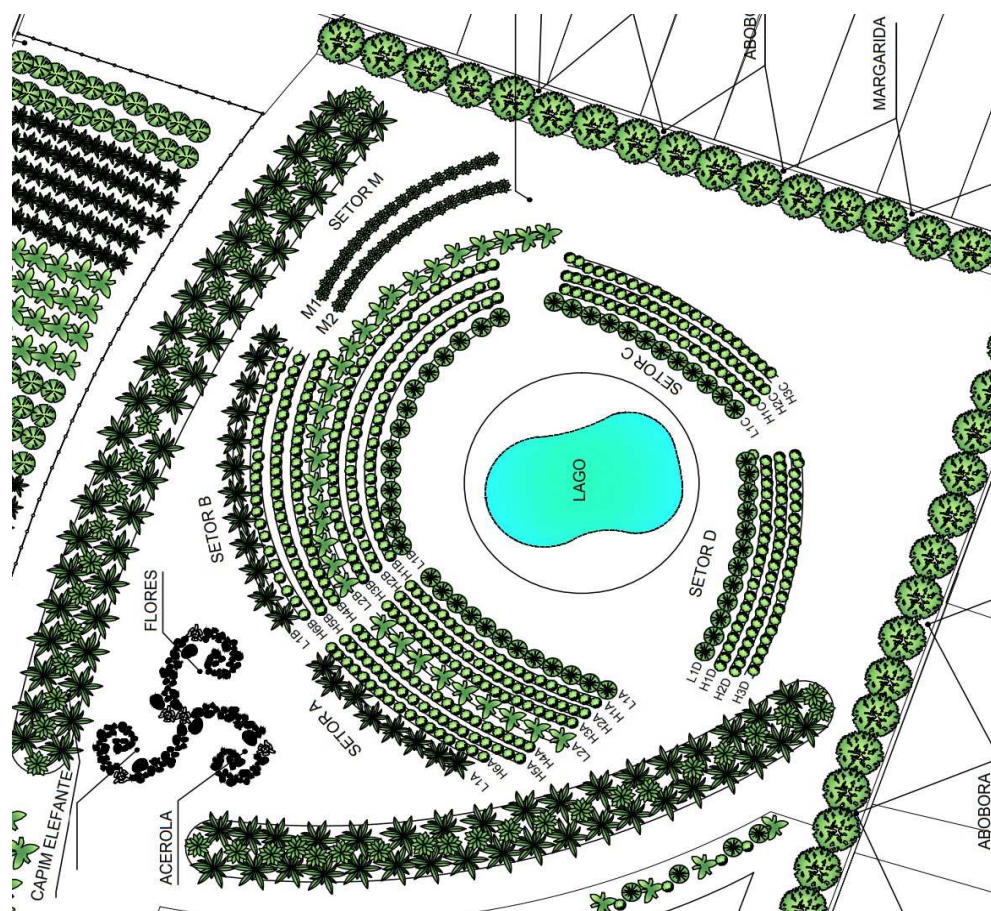
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Para além do pomar o sistema é cercado de barreiras de árvores com intuito de barrar o vento, criar o microclima dentro do espaço e gerar biomassa para dentro do sistema, uma espiral de biodiversidade com a mesma funcionalidade descrita acima, mas com o propósito de produzir alimentos, plantas ornamentais, plantas medicinais. Mais que isso, o sistema conta com outros canteiros que também auxiliam nessas funções, hoje compostos por uma diversidade enorme de plantas como: macaxeira, milho, margaridão, algodão, eucalipto, capim elefante, falso pau-brasil, vinagreira, glirícidia, jatobá, cana-de-açúcar, boldo, feijão guandu, filodendro, babosa e outros.

No centro da agrofloresta, rodeado por todas as barreiras descritas acima, fica localizada a mandala agroflorestral, em formato circular, composta por 30 canteiros, sendo 2 canteiros de

plantas medicinais, 10 canteiros de árvores e 18 canteiros de hortaliças. Sobre a mandala, ela foi planejada para que os canteiros de hortaliças fiquem entre duas linhas de árvores. A cada cinco metros, há uma linha de árvores, e entre essas linhas, ficam três canteiros de hortaliças. À disposição do formato permitiu que a mandala fosse dividida em 4 setores (A, B, C e D), destes setores subdividida linhas de árvore para cada setor (L1A, L2A, L3A, L1B, L2B, L3B, L1C, L2C, L1D e L2D), e da mesma forma para as hortaliças, para o setor A (H1A, H2A, H3A, H4A, H5A, H6A), para o setor B (H1B, H2B, H3B, H4B, H5B, H6B), para o setor C (H1C, H2C, H3C), por fim, para o setor D (H1D, H2D, H3D) (Figura 3). Para os canteiros de medicinais foi diferente, por conta da sua localização, o que seria linha de árvore passou a ser a barreira de vento de capim elefante, do lado esquerdo e do lado direito parte da L2B, conseqüentemente entre essas duas barreiras de vento, 2 canteiros de medicinais (M1 e M2)

Figura 3- Desenho projetado no Autocad com a distribuição dos setores e canteiros no sistema cultivado do projeto ECOINEC.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Os canteiros foram pensados para que o todo formasse um círculo, sendo possível aproveitar todo o espaço produtivamente e funcionando como um relógio, em que a quantidade de luz que chega nos canteiros, dependendo da angulação do sol durante os meses seja determinada pela poda das linhas de árvores, e assim programando os manejos. Os canteiros possuem uma forma de montagem dependendo da sua funcionalidade, se será um canteiro de hortaliças e medicinais, ou será um canteiro de árvores.

Outras tecnologias presentes no espaço do ECOINEC também contribuem e são parte da engrenagem do sistema, como por exemplo o viveiro de mudas e áreas de rustificação. Esses espaços possuem um papel fundamental dentro do sistema, por fornecer mudas de boa qualidade e saudáveis, o que acelera e aumenta a probabilidade de excelente desenvolvimento no sistema. Além do viveiro de mudas, o sistema possui um pátio de compostagem, feito em formato de leira, utilizando o galinheiro como principal fonte de nitrogênio, poda da cidade fornecendo o carbono, e então produzindo o adubo para as mudas, canteiros e bandejas.

Somando as atividades, tecnologias agroflorestais e agroecológicas dispostas no espaço além dos insumos como a poda da cidade que é recebida mensalmente, e compra de sementes para a produção das mudas o sistema funciona tentando cada vez mais tornar-se um ciclo fechado, para diminuir a necessidade de entradas externas o tornando sustentável economicamente.

O estudo foi realizado no setor D da mandala, que é composto por 3 canteiros e hortaliças e 2 linhas de árvores (Figura 4). Ao iniciar a pesquisa a linha de árvore L1D já estava consolidada com algodão, banana prata, amora, feijão guandu, e margaridão, contudo não havia ainda sido montada a linha de árvore L2D. As quantificações relacionadas ao presente estudo tiveram início com a montagem do canteiro L2D a partir da subsolagem até o plantio. Hoje a linha conta com bananeira, feijão de porco, feijão guandu, eucalipto, macaxeira, milho, margaridão e glirícidia. Os 3 canteiros de hortaliças, que compõem o setor, possuem respectivamente 7,45 m; 8,5 m e 11,76 m. A área total do setor estudado corresponde à 83,20 m². Nesses canteiros já haviam se passado 2 ciclos de plantio, antes da coleta de dados e iniciando assim seu terceiro ciclo juntamente com o experimento.

Figura 4- Setor D no início da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

4.2 Manejo do sistema

A montagem dos canteiros das linhas de árvore foi feita a partir da subsolagem no centro da linha onde é realizado o plantio das mudas e sementes, delimitados por madeiras mais grossas nas laterais, e os valados preenchidos com a poda das barreiras de vento e biodiversidade, das próprias linhas de árvore e acima desse material a poda triturada das árvores da cidade que é recebida pelo ECOINEC mensalmente. Vale ressaltar que esse manejo completo de montagem é feito 1 vez, posteriormente há apenas a remontagem do formato com a adição de podas trituradas. Para os canteiros de hortaliças o procedimento é o mesmo, porém utiliza-se de madeiras mais finas e menores por ser um canteiro menor, ocorre a subsolagem da mesma forma, porém são 3 linhas separadas pelos cocurutos, e a montagem é feita na maioria das vezes apenas com as podas trituradas das linhas de árvores de partes mais herbáceas e menos lenhosas.

As atividades iniciaram dia 17 de fevereiro de 2025 com o manejo de poda de 50% do canteiro L1D para abertura de luz e disponibilizar biomassa para o canteiro de hortaliças H1D, além disso foi feita uma elevação com biomassa externa da mandala e interna do sistema para adicionar matéria orgânica e evitar o escoamento da água durante o período de chuva por conta da declividade do terreno.

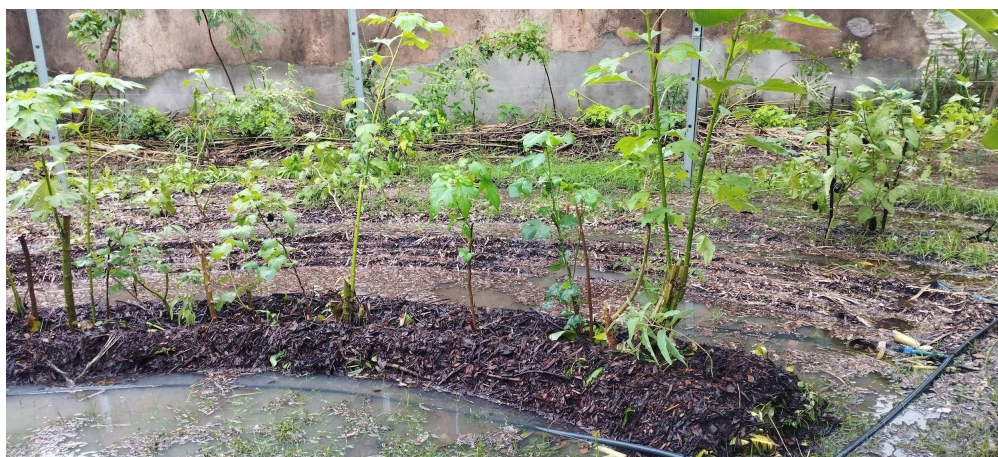
Figura 5- Elevação da linha de árvore e manejo de poda de 50%.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Três dias após o manejo inicial ocorreu uma chuva intensa de aproximadamente 200 mm (Inmet). Embora já tenha sido observada uma melhoria na infiltração da água no solo em relação à condição anterior do solo, houve encharcamento e acúmulo de água na superfície (Figura 6). Posteriormente foram construídos canteiros com leiras em curva de nível para restringir o escoamento superficial (figura 7 e 8).

Figura 6- Alagamento do setor D após chuva de 200 mm



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 7- Abertura de canteiros para a redução do escoamento e inundação do setor D.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 8- Montagem de canteiros para a redução do escoamento e inundação do setor D.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Devido às chuvas intensas, encharcamento do solo e necessidade de outras atividades para diminuir os danos causados pela chuva, no dia 07/03/2025 deu-se continuidade aos manejos nos canteiros de hortaliças, seguindo para o canteiro H2D composto por berinjelas, couves e salsa, no fim do ciclo. Primeiramente foram retiradas todas as plantas ainda presentes no canteiro, reestruturado manualmente definindo os cocurutos e valados, e elevando sua altura com a biomassa das podas de linha de árvores e por fim realizado o plantio do croqui previamente desenhado utilizando sementes.

Figura 9- Montagem do canteiro H1D, H2D e H3D



Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Ao longo do desenvolvimento das plantas dos canteiros, atividades como tutoramentos, amontoa, conduções, desbaste, repicagem, podas, despendoamento e outros foram realizadas de acordo com a necessidade. A necessidade dos manejos é estabelecida com os propósitos relacionados à necessidade de radiação solar, ventilação e deposição de resíduos de modo a favorecer as plantas de interesse, resultando em uma aceleração no avanço do sistema como um todo, o que afeta diretamente na produtividade. As colheitas foram realizadas manualmente, acompanhada da quantificação da biomassa produzida.

4.3 Quantificação de entradas, saídas e deposição de materiais

As quantificações foram realizadas a partir de pesagens da biomassa externa depositada no sistema, da biomassa produzida localmente depositada no sistema por meio de podas e de alimentos produzidos e exportados para fora do sistema. Inicialmente foi feita a remontagem de todos os canteiros de forma semanal sequenciada, em que 1 canteiro por semana era totalmente limpo e feita a elevação do seu formato com os materiais disponíveis das podas do próprio sistema e de subsistemas do espaço. Para essa atividade realizada de forma manual,

necessitou-se de 3 pessoas para otimização das atividades e divisão das energias gastas, acelerando o processo. Os materiais utilizados foram triturados no próprio espaço com auxílio de um triturador elétrico de material orgânico, possuindo uma potência de 2HP (Figura 10). Os materiais foram: moringa, bananeira, capim elefante, triturado a cidade, leucena, margaridão, substrato da compostagem.

Figura 10- Triturador elétrico de material orgânico, air fryer e grade para secagem.



Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Após a pesagem da massa fresca dos materiais orgânicos, foram tomadas subamostras de todos os materiais, as quais foram pesadas, secas em forno doméstico de ventilação forçada à 120°C até a estabilização e pesadas novamente (figura 11). A massa fresca de cada material foi convertida para massa seca a partir do percentual de massa seca (equação 1 e 2)

$$MSRC = (MRC \times MSA) / MA \text{ (Equação 1)}$$

$$\%MS = (MSRC \times 100) / MSRC \text{ total (Equação 2)}$$

Onde:

MSRC = Massa Seca Real Colhida

MRC= Massa Real Colhida

MSA = Massa Seca Amostra

MA = Massa Amostra

%MS = Porcentagem de Massa Seca

Figura 11- Materiais antes e após a secagem



Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Todas as colheitas foram quantificadas, a pesagem foi feita de forma individual da produção de cada canteiro, conseguindo estimar além da produção total de um setor com área total de 83,20 m², a produção individual de um canteiro com as dimensões trazidas anteriormente e a diversidade de culturas utilizadas na área.

A deposição dos materiais, subdividida em: (i) materiais do próprio setor e (ii) materiais de fora do setor, porém proveniente de subsistemas presentes no sistema, como por exemplo o substrato da compostagem, capim elefante, bananeiras do pomar e outros. A quantificação da massa desse material foi feita utilizando o mesmo método das anteriores,

A partir das quantificações dos materiais, as seguintes variáveis foram determinadas, de acordo com a metodologia de Guzmán (2016):

- Biomassa Socializada Vegetal (BSV): biomassa vegetal que será diretamente direcionada para a sociedade como, por exemplo, hortaliças e frutas;
- Biomassa Reutilizada (BRU): parcela que retornou de forma intencional ao sistema pelos seres humanos como, por exemplo, o composto orgânico;
- Biomassa Socializada Animal (BSA): representa o produto da pecuária que está disponível para a sociedade como, por exemplo, aves;
- Biomassa Não Colhida (BNC): biomassa devolvida ao agroecossistema em que seu retorno não envolve o investimento de trabalho humano. Este é o caso de resíduos dos cultivos que não recebem qualquer tratamento específico, os restos de árvores e a maior parte dos sistemas de raízes que não são colhidas e que são reciclados por organismos heterotróficos;
- Biomassa Acumulada (BA): biomassa acumulada em cultivos perenes, como, por exemplo, partes mais lenhosas com decomposição mais lenta;
- Entradas Externas (EE): incluem o trabalho humano, bem como todos os insumos que se originam fora do agroecossistema;

4.4 Conversão de massa para energia

A conversão consistiu na transformação de massa em quilogramas para energia em quilocalorias utilizando fatores de conversão já existentes na literatura.

Por meio do uso deste instrumento metodológico disponibilizado na literatura, foi possível agregar e organizar estes dados em planilhas de excel. Todas as informações presentes na base de dados referem-se a um ciclo produtivo de um setor da mandala agroflorestal em um período de 5 meses de coleta de dados e produção de um agroecossistema com um ano e oito meses de construção. Foram utilizados os cultivos inclusos, com pesos e medidas padronizados de acordo com o sistema internacional.

Os valores energéticos adotados para as hortaliças foram a partir das tabelas propostas no trabalho de Guzmán et. al. (2014). Importante destacar a escassez de informações e dados de algumas culturas, sendo necessário buscar em fontes auxiliares. Com relação aos materiais de biomassa depositados no espaço, como por exemplo para o capim elefante, pesquisas auxiliares foram utilizadas, no caso desse material foi o valor médio do poder energético, sendo de 3.996,5 kcal kg⁻¹, disponibilizado pela Embrapa. Já Kaijage et al. (2015) estimaram uma

energia metabolizável de $1879 \text{ kcal kg}^{-1}$ das folhas de Moringa oleifera utilizando equações de predição. Para os materiais mais lenhosos, foi feita uma estimativa baseada nas pesquisas da EMBRAPA, adaptando esses valores para o presente trabalho. Para a leucena o poder calorífico da madeira está em torno de 4.200 a $4.600 \text{ Kcal kg}^{-1}$, sendo feita uma média para quantificar a energia desse material.

Quanto a bananeira o poder calorífico foi dividido em folhas que possui aproximadamente $4.729,25 \text{ kcal kg}^{-1}$, pseudocaule (calhas) que possui uma quantidade de energia menor que a presente nas folhas, variando entre 3.157 e $3.368 \text{ kcal kg}^{-1}$ (SOFFNER, 2001). A escassez de informações referentes a energia dos materiais coletados no presente trabalho, se faz necessário a aproximação de alguns valores para materiais com praticamente a mesma composição e ou de famílias iguais, para que fosse possível concluir as tabelas.

Para calcular a energia gasta nos manejos referentes ao trabalho humano, utilizou-se o estudo de Fluck (1976 apud Tello et al., 2016) que estimou que um dia de trabalho humano é igual ao valor de consumo calórico necessário para a prática da atividade, 2.000 a 3.500 kcal, para o presente trabalho foi realizado a média do consumo calórico, sendo 2750 kcal gastos em um dia de trabalho e multiplicado pelo tempo em dia para cada manejo feito dentro do setor de pesquisa.

Assim sendo, foi feita a análise dos dados, bem como a quantificação de biomassa e energia no agroecossistema estudado, foram calculados quatro indicadores de EROI: final, interno, externo e agroecológico (GUZMÁN; MOLINA, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada grande amplitude de variação no percentual de massa seca entre os produtos agrícolas produzidos (Tabela 1). Enquanto o milho verde apresenta um alto teor de sólidos (34,96%), o tomate cereja (12,30%) e a pimenta bico (12,50%) possuem percentuais de massa seca consideravelmente mais baixos, indicando um alto teor de água em sua composição. Essa característica é crucial para entender o valor nutricional e a densidade energética dos alimentos.

Tabela 1 – Médias das massas, tempo de secagem e temperatura da produção de alimentos

Material	Massa amostra (kg)	Massa seca amostra (kg)	Massa seca (%)	Temperatura (°C)	Tempo de secagem amostra (min)
Rúcula	0,0360	0,0100	27,77	80	15
Mostarda	0,0760	0,0220	28,94	80	40
Pimenta bico	0,0480	0,0060	12,50	120	35
Milho verde	0,2860	0,1000	34,96	120	120
Berinjela	0,0800	0,0180	22,50	120	250
Rabanete	0,0280	0,0040	14,28	120	20
Tomate cereja	0,1300	0,0160	12,30	120	170
Salsa	0,0040	0,0011	27,50	80	15

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Também foi observada grande variação no tempo de secagem dos materiais (Tabela 1), revelando algumas percepções acerca das dificuldades durante o processo de obtenção dos dados. Nos extremos, temos a berinjela, a qual levou 250 minutos para a secagem completa, enquanto a rúcula e a salsa levaram apenas 15 minutos, demonstrando que foi necessário um ajuste no tempo para cada tipo de produto, garantindo a evaporação de toda a umidade sem a degradação da amostra. O mesmo ocorreu para a temperatura, em alguns produtos foi utilizado 80°C (Rúcula, Mostarda, Salsa) e 120°C para outros (Pimenta bico, Milho verde, Berinjela, Rabanete, Tomate cereja). A escolha da temperatura ideal é fundamental para evitar a degradação de nutrientes sensíveis ao calor e para garantir uma secagem eficiente.

O mesmo procedimento foi realizado em amostras de materiais internos e externos depositados no sistema durante a pesquisa (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias das massas, tempo de secagem e temperatura de materiais que entraram, saíram e foram depositados no setor de estudo

Material	Massa amostra (kg)	Massa seca amostra (kg)	Massa seca (%)	Temperatura (°C)	Tempo de secagem amostra (min)
Capim elefante triturado	0,0500	0,0120	24	120	20
Madeira leucena	0,1040	0,0884	85	120	150
Substrato base da compostagem	0,1460	0,0590	40,41	120	25
Leucena (folhas e galhos finos)	0,0740	0,0220	29,73	120	40
Calha de banana	0,2760	0,0166	6,01	120	80
Folha de banana triturada	0,0460	0,0080	17,39	120	25
Algodão	0,0180	0,0060	33,33	120	15
Margaridão	0,0620	0,0190	30,64	120	15
Moringa troncos	0,1480	0,0580	39,19	120	160
Moringa triturada (pontas)	0,0360	0,0100	27,77	120	25
Triturado da cidade	0,0500	0,0250	50	120	50

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

A madeira leucena se destaca significativamente com o maior percentual de massa seca (85%), indicando que é um material com pouca umidade, sendo crucial para estruturação e decomposição lenta no solo, por possuir em sua composição alto teor de lignina. O triturado da cidade (50% de massa seca) e o substrato base da compostagem (40,41%) também apresentam altos percentuais de massa seca, sugerindo que são materiais que também cumprem funções estruturais e de aporte de carbono no solo.

Em contraste, a calha de banana apresenta um percentual de massa seca extremamente baixo (6,01%). Isso significa que a maior parte de sua massa é composta por água, o que pode influenciar sua utilização em processos dentro do sistema, por ter essas características, a sua decomposição é mais rápida e além de ajudar na estrutura do solo, contribui também para a parte química e biológica, formando um tipo de compostagem já dentro da área plantada, fornecendo principalmente umidade, nutrientes (potássio, fósforo e cálcio), além de auxiliar a manutenção do pH e saúde do solo (Silva et al., 2023).

O material triturado a partir dos resíduos de podas da cidade se destaca como o material responsável pelo maior aporte de massa fresca no setor (91,973 kg) e, conseqüentemente, em massa seca (45,986 kg), cerca de 52% do total de massa seca aportada no setor (Tabela 3). Além disso, ele é a principal fonte de energia (229.932,18 kcal), contribuindo com mais da metade da energia total aportada ao setor. Sua origem é externa sendo o sistema dependente desse insumo especificamente na fase de implantação necessitando de um grande volume inicialmente, mas não se fazendo necessária à sua reposição durante todo o ciclo produtivo.

Tabela 3 – Uso de materiais e energia no setor D. A origem ECOINEC são materiais produzidos no sistema ECOINEC, porém fora do setor D

Material	Origem	Massa fresca (kg)	Massa seca (kg)	Energia (kcal)
Capim elefante triturado	ECOINEC	17,062	4,094	4.265,50
Substrato base da compostagem	ECOINEC	35,895	14,505	36.263,75
Leucena (folhas e galhos finos)	ECOINEC	0,735	0,2185	3.087,00
Calha de banana	ECOINEC	27,658	1,663	24.615,62
Folha de banana triturada	ECOINEC	16,248	2,8257	11.016,14
Triturado da cidade	Externa	91,973	45,9865	229.932,50
Total		189,57	69,29	309.180,51

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Quanto à madeira leucena, com origem no sistema ECOINEC, porém externa ao setor D, também é um material de grande importância, especialmente em termos de energia 156.003,66 kcal e massa seca 19,005 kg, demonstrando ser um recurso valioso produzido dentro do próprio sistema, o que evidencia integração dos setores do sistema a reciclagem dos materiais produzidos dentro do espaço, aportando uma quantidade significativa de biomassa. O Substrato base da compostagem (14,505 kg de massa seca e 36.263,750 kcal) e o capim elefante triturado (4,094 kg de massa seca e 4.265,50 kcal) também são importantes contribuintes internos, sendo uma vantagem ao se pensar na sustentabilidade e resiliência do sistema.

Ao longo de 130 dias, houve deposição de 21,304 kg (equivalente a 2560 kg/há) de massa seca com origem interna do setor (Tabela 4). O margaridão é o um dos materiais com maior valor em massa seca 6,301 kg (757 kg ha⁻¹) e energia 53.392,50 kcal entre os materiais

depositados, ficando atrás apenas da moringa triturada que contribui com 8,798 kg (1056 kg ha⁻¹) de massa seca e 18.765,00 kcal de energia, importante destacar que esses materiais têm origem no setor D, utilizado para a pesquisa. O setor contou com 102.646,46 kcal de energia total depositada de plantas do próprio setor, resultando em produtividade de 1.233,73 kcal/m² durante o ciclo de 130 dias.

Tabela 4 – Deposição de materiais das plantas do setor

Material	Origem	Massa fresca (kg)	Massa seca (kg)	Energia (kcal)
Margaridão	Interna	15,255	6,301	53.392,50
Moringa troncos	Interna	13,470	3,3948	11.314,80
Moringa triturada (pontas e galhos finos)	Interna	31,275	8,798	18.765,00
Algodão	Interna	0,594	0,0775	2.340,36
Calha de bananeira	Interna	9,430	0,567	8.392,70
Folha de banana triturada	Interna	12,450	2,1652	8.441,10
Total		82,474	21,304	102.646,46

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

A partir disso é notório algumas dificuldades e limitações encontradas durante a construção destas tabelas 3 e 4, um primeiro obstáculo é a dificuldade de se encontrar informações para a referida região, e principalmente para sistemas agroflorestais urbanos, sendo praticamente inexistente os dados para possíveis comparações, com isso fez-se necessário a utilização de informações de estudos de outras regiões como referência. Além desta limitação, existe também uma insuficiência de dados a respeito de manejos e como realizar, o que prejudica a construção de fluxos de biomassa e energia, e distancia o pesquisador de modelos mais complexos que necessitam de contabilizações de diversos outros fatores, fatores que dificultam o desenvolvimento de estudos contínuos de longo prazo.

A mostarda mostra-se o produto agrícola do setor com maior contribuição em massa seca (2,8404 kg) e energia (2649,24 kcal) (Tabela 5). Isso a torna um componente central na produção total do sistema durante o período de 130 dias da pesquisa. Seguido pelo milho verde com 1,1294 kg de massa seca e a maior contribuição energética individual, totalizando 2.745,5 kcal, essa elevada energia mostra que esse alimento é uma excelente fonte calórica dentro do sistema de produção. Vale um destaque também para a pimenta bico possuindo massa seca

menor 0,1231 kg, mas com uma contribuição energética de 303,8 kcal, notável para sua proporção, isso indica um alto valor energético por unidade de massa.

Tabela 5 – Produção de alimentos

Produto	Massa fresca (kg)	Massa seca (kg)	Energia (kcal)
Rúcula	0,466	0,144	144,46
Mostarda	9,812	2,8404	2.649,24
Pimenta bico	0,984	0,1231	303,80
Milho verde	3,230	1,1294	2.745,50
Berinjela	0,813	0,1829	203,25
Rabanete	0,168	0,0240	26,88
Tomate cereja	1,438	0,177	445,78
Salsa	0,062	0,0171	0,232
Total	16,973	4,6379	6.519,14

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

A produtividade de massa fresca do setor, considerando todos os produtos colhidos ao longo de 130 dias é de 0,204 kg/m², resultando em produtividade de energia, de 78,35 kcal/m². Considerando que essa energia foi gerada ao longo de 130 dias, temos a produção energética diária de 0,1960 kcal/m²/dia. Considerando ainda que a necessidade energética média de uma pessoa adulta é de 2.200 kcal/dia, seria necessária uma área de aproximadamente 3.650 m² para suprir a necessidade energética de uma pessoa.

As operações necessárias para a produção de um setor da mandala agroflorestral, são dependentes principalmente de trabalho humano (Tabela 6). Destaca-se como atividades mais intensivas, a remontagem e elevação do canteiro, sendo necessário 120 minutos, exigindo maior tempo do trabalhador. Isso indica que a preparação e a manutenção da estrutura física do canteiro são fundamentais, devido à necessidade de garantir um ambiente ideal para o crescimento das plantas e se realizada de forma eficiente exclui a realização da atividade durante um longo período. Em seguida a peneiração com 115 minutos, essa atividade é a segunda mais demorada, sendo realizado o preparo do substrato ou à separação de materiais, o que é vital para a qualidade do solo e, por extensão, para a saúde das plantas e a produtividade.

Tabela 6 – Uso trabalho no sistema

Origem do trabalho	Operação	Tempo (min)	Energia (kcal)
Humano	Poda	25	47,743
Humano	Remontagem e elevação do canteiro	120	229,167
Humano	Abertura de 9 novos canteiros	55	105,035
Humano	Limpeza total do canteiro	27	51,563
Humano	Elevação do canteiro	30	57,292
Humano	Adição de substrato	15	28,646
Humano	Amontoa	8	15,278
Humano	Tutora e retirada de ramos ladrão	40	76,389
Humano	Desbaste	9	17,188
Humano	Montagem do croqui	100	190,972
Humano	Capina seletiva	16	30,556
Humano	Peneirar	115	219,618
Humano	Colheita	30	57,292
Humano	Despendoamento	3	5,729
Humano	Montagem da rua	60	114,583
Máquina	Triturador	200	4.277,43
Máquina	Motor-Bomba	4500	24.060,58
Total		5.353,00	57.923,09

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Para a montagem do croqui, uma atividade que também demanda de um tempo elevado, como exemplo o presente trabalho, que necessitou de 100 minutos, demonstrando a importância do planejamento detalhado e cuidadoso da disposição das culturas, buscando otimizar o espaço e a eficiência dos cultivos. Já para as atividades em que foi utilizado maquinário, o consumo de energia e tempo no sistema foram elevados, superando todas as atividades humanas. A operação do motor-bomba se destaca enormemente, consumindo 4.500 minutos e 24.060,58 kcal de energia. Isso sugere que a irrigação é a atividade mais intensiva em termos de energia e tempo de máquina, sendo um componente crítico para a viabilidade do sistema. O Triturador, com 200 minutos e 4.277,43 kcal, também é relevante, indicando a

necessidade de processamento de materiais, como triturado dos materiais disponíveis no sistema.

A obtenção das informações relacionadas ao uso de trabalho evidenciaram várias dificuldades, destacando-se: i) precisão em cronometrar cada atividade, variando a depender do operador; ii) estimativa de gasto energético humano, pois pode variar significativamente dependendo da intensidade da atividade, do condicionamento físico do indivíduo e de fatores ambientais.

As entradas externas representam a soma EE1 e EE2% (338.765,6kcal) da utilização de energia do setor. Isso indica que a maior parte da energia que impulsiona o sistema não vem da biomassa vegetal produzida internamente, mas sim do esforço de trabalho (humano e de máquinas) e dos insumos externos adicionados. Essa alta dependência energética externa é um ponto crucial para a discussão da sustentabilidade do sistema. No entanto é importante destacar que parte dessa energia foi proveniente da produção do sistema Ecoinec (EE2 79.248,01 kcal), demonstrando integração entre os setores. Outra grande parte é proveniente de descarte de material orgânico das podas de árvores da cidade (229.932,50 kcal), que corresponde a cerca de 58,8% da energia utilizada no sistema, dando destino nobre aos resíduos orgânicos gerados em ambiente urbano, evidenciando a importância da integração de sistemas produtivos em grandes centros urbanos.

A biomassa reutilizada, representa uma partição importante da biomassa depositada no solo, com 73,0 kg, e a segunda maior em energia bruta, contribuindo com 35,5% (94.253,8 kcal) da energia utilizada no setor. A importância do BRU reside no seu papel como retorno de nutrientes ao solo. Isso demonstra um manejo consciente para a manutenção da fertilidade do solo, essencial para a produtividade futura do sistema. Também foi estimado o acúmulo de 22,4 kg de biomassa na forma viva, representando 58,8% (156.003,7 kcal) da energia produzida no setor, esta partição representa os cultivos de longo ciclo e as estruturas lenhosas das plantas. O que demonstra que grande parte da energia produzida está sendo acumulada em árvores e arbustos no setor, importantes para a manutenção e estruturação da agrofloresta, além de possibilitar a criação do microclima, biodiversidade, sombreamento, retenção da umidade, ciclagem de nutrientes a longo prazo e produção de biomassa e madeira. Apesar dessa energia ter sido produzida no setor, ainda não está sendo contabilizada na eficiência energética, pois a biomassa acumulada na forma viva não foi utilizada para o cálculo dos índices EROIS.

Tabela 7- Distribuição da biomassa vegetal e energia bruta da mandala agroflorestal com 83,20 m² do projeto ECOINEC.

Partição	Tipo	Biomassa (kg)	Energia bruta (kcal)	% da energia produzida	% da energia utilizada
BSV	Hortaliças	17,0	6.519,1	2,5	-
BA	Cultivos perenes; partes lenhosas	22,4	156.003,7	58,8	-
BRU	Composto orgânico; retornos intencionais	73,0	94.253,8	35,5	21,4
BNC	Resíduos dos cultivos que não recebem qualquer tratamento específico	9,4	8.392,7	3,2	1,9
EE 1	Trabalho humano e de máquinas; insumos externos ao sistema	92,0	259.517,6	-	58,8
EE 2	Material orgânico de fora do setor D, mas produzidos no sistema Ecoinec	97,6	79.248,01	-	18,0
Total produzida		121,8	265.169,3	100,0	-
Total utilizada		272,0	441.412,0		100,0

Fonte: Elaborada pela autora (2025)

A biomassa não colhida, corresponde a 9,4 kg e 3,2% (8.392,7 kcal) da energia utilizada no setor, representando outra partição da energia que está retornando ao setor.

A biomassa socializada vegetal foi de 17,00 kg, representando apenas 2,5% da energia produzida no setor. Evidenciando que a maior parte da produção energética do sistema está sendo acumulada na forma viva ou recirculando no próprio setor com propósito de manter serviços ecossistêmicos. Sua baixa representatividade em termos de biomassa e energia total sugere que, embora sejam o foco da produção alimentar, o sistema como um todo é dominado por outras formas de biomassa (como retornos e resíduos), mostrando que é necessário primeiro a construção e alimentação do solo, para que depois essa partição tenha uma maior evidência. No entanto, é importante destacar, que apesar da baixa exportação de energia para a sociedade, trata-se de produtos para consumo humano direto de elevada qualidade nutricional.

Todos os índices EROIS calculados foram abaixo de 0,1 (Tabela 8). O EROI é o resultado da relação entre a energia total socializada pelo sistema em relação à energia investida. Um EROI final abaixo de 1 significa que o sistema é um consumidor líquido de energia, ou seja,

ele consome mais energia do que produz. Valores tão próximos de zero sugerem que a produção de energia é quase nula em comparação com o investimento energético total.

Tabela 8- EROI agroecológico, interno, externo e final

EROI agroecológico	EROI interno	EROI externo	EROI final
0,01477	0,06351	0,01924	0,01506

Fonte: elaborada pela autora (2025)

Os valores de EROI obtidos, indicam uma ineficiência energética elevada no sistema agroecológico do Ecoinec, ainda consumindo muita energia de fontes externas. Porém essa realidade vista é por conta do sistema analisado ainda estar em fase inicial, onde o investimento energético é alto e a produção ainda não atingiu seu potencial máximo. Além disso, o estudo foi realizado em um ciclo de apenas 130 dias, em que subestima os valores obtidos, espera-se que o efeito da deposição inicial de biomassa, especialmente material lenhoso lignificado, perdure durante vários anos. Outro fator importante foi as condições ambientais ocorridas durante a pesquisa, defasando a produção e em consequência a produtividade do setor.

Importante retomar também os aportes de matéria orgânica e biomassa adicionados no setor que só irão gerar contribuições de nutrição de solo e melhoria nas condições para o desenvolvimento das plantas nos próximos ciclo, sendo necessária a continuidade do trabalho, e realização de novos para a atualização desses parâmetros trazidos no presente estudo.

5. CONCLUSÃO

A partir dessa pesquisa destacou-se a diversidade de limitações e problemáticas, sendo de suma importância a realização de novas pesquisas e continuidade das já realizadas, juntamente com o incentivo governamental e acadêmico, a fim de contornar essa situação que já perpassa anos. Essa iniciativa irá contribuir para o aumento do conhecimento a respeito das condições agrônômicas da região, e principalmente da agricultura urbana, assim como trazer mais informações para a construção de novos dispositivos como instrumento de difusão da pesquisa e replicação de espaços como o ECOINEC.

Percebeu-se também uma deficiência de estudos e informações sobre produção de alimentos dentro de sistemas como esse, confirmando que o distanciamento da cidade com o campo ainda é enorme. A utilização da base de dados para o cálculo de partições de biomassa em agroecossistemas, a fim de se fazer uso da metodologia de conversão de fatores, permitiu quantificar a porcentagem de energia bruta total do espaço, além das parcelas de energias individuais dentro do agroecossistema. Para o EROI agroecológico a pesquisa mostrou que ainda é um parâmetro com valores muito baixos, provavelmente pelo tempo que o sistema funciona, mas que já é promissor caso continue sendo realizados investimentos, manejos de acumulação de matéria orgânica, reciclagem de energias e aumento da biodiversidade, tornando-o cada vez mais sustentável. Somando a isso, a mandala se apresenta como mais sustentável em longo prazo, devido a sua maior biodiversidade e preocupação com reinvestimento de energia para manutenção dos fundos de sustentação do agroecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. **Sistemas agroflorestais, fragmentos de mata e corredores ecológicos.** Sistemas Agroflorestais, [s. l.], p. 1. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/fazendinha-agroecologica/manejo-da-paisagem>. Acesso em: 25 maio 2025.

EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL. **Sistemas Agroflorestais.** Manaus, AM: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. Disponível em: Sistemas Agroflorestais - Infoteca-e. Acesso em: 14 jul. 2025.

FGVCES (CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA EAESP-FGV); MINISTÉRIO DA CIDADANIA; TEEB AGRICULTURA & ALIMENTOS. **Agendas municipais de agricultura urbana e periurbana: um guia para inserir a agricultura nos processos de planejamento urbano.** 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mds/pt-br/noticias-e-conteudos/desenvolvimento-social/noticias-desenvolvimento-social/guia-orienta-gestores-municipais-sobre-como-ampliar-e-institucionalizar-a-agricultura-urbana-e-periurbana/fgvces_agendas_municipais_de_agricultura_urbana_e_periurbana.pdf. Acesso em: 17 jul. 2025.

FORTALEZA. Agência de Fiscalização de Fortaleza (Agefis). **Operação Terrenos Conservados mapeia 1.550 terrenos abandonados em Fortaleza.** Fortaleza, 26 mar. 2025. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/operacao-da-agefis-ja-mapeou-1-550-terrenos-em-fortaleza-equipe-avalia-irregularidades>. Acesso em: 17 jul. 2025.

FORTALEZA (CE). Prefeitura. **Plano Fortaleza 2040: Eixo 5 - Agricultura Urbana.** [Versão Preliminar]. [2015]. Disponível em: https://fortaleza2040.fortaleza.ce.gov.br/site/assets/files/eixos/5_Agricultura-Urbana.pdf. Acesso em: 24 jul. 2025.

GOMES, João Carlos Costa; ASSIS, William Santos de. **Agroecologia: Princípios e reflexões conceituais.** [S. l.: s. n.], 2013. v. 1. Acesso em: 06 maio 2025.

GUIMARÃES, L. A. O. P.; MENDONÇA, G. C. Conceitos e princípios práticos da agrofloresta sucessional biodiversa (agricultura sintrópica). In: Anais do II Simpósio de Sistemas Agroflorestais em Sergipe, Dezembro de 2003. Disponível em: Conceitos e princípios práticos da agrofloresta sucessional biodiversa (agricultura sintrópica). Acesso em: 18 jul. 2025.

GUZMÁN, Gloria I.; MOLINA, Manuel González. Energy Efficiency in Agrarian Systems From an Agroecological Perspective. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, [S. l.], p. 1-952. Acesso em: 15 abril 2025.

IWATA, Bruna de F.; LEITE, Luiz F. C.; ARAÚJO, Ademir S. F. ; NUNES, Luis A. P. L.; GEHRING, Christoph; CAMPOS, Liliane P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Manejo água, solo e planta**, [S. l.], p. 1-6, 17 jul. 2012.

MARTINEZ ALIER, J. Macroeconomía ecológica, metabolismo social y justicia ambiental. **Revista Historia Actual**, Espanha, v. 9, n. 9, p. 149-168, 2011. Acesso em: 13 jul. 2025.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E AGRICULTURA FAMILIAR. 25 de julho: Dia Internacional da Agricultura Familiar: A base sustentável para o futuro alimentar. **AGRICULTURA FAMILIAR**, [s. l.], 25 jul. 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/mda/pt-br/noticias/2024/07/25-de-julho-dia-internacional-da-agricultura-familiar>. Acesso em: 25 maio 2025.

NETO, Nelson Eduardo Corrêa; MESSERSCHMIDT, Namastê Maranhão; STEENBOCK, Walter; MONNERAT, Priscila Facina. **Agroflorestando o mundo de facão a trator**. [S. l.: s. n.], 2016. Acesso em: 6 de abril de 2025.

Observatório da Cultura e da Sociedade de Fortaleza. **Análise sobre áreas urbanas e produção de alimentos em Fortaleza**. Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://observatoriodefortaleza.fortaleza.ce.gov.br/> Acesso em: 18 jul. 2025.

PAZ, Brenda Vieira; RAMOS, Polyana Rafaela; SILVA, Aldemira Ferreira. Formação continuada em agricultura e pecuária de base agroecológica: resistência frente ao domínio do agronegócio na região Araguaia Xingu. **Educação em Agroecologia**, [s. l.], v. 19, 4 out. 2024.

SAE BRASIL. Abastecimento de alimentos: você sabe o caminho que cada comida percorre antes de chegar à sua mesa?. **SAE Brasil**, [S. l.], p. 1, 5 jan. 2025. Disponível em: <https://saebrasil.org.br/noticias/abastecimento-de-alimentos/>. Acesso em: 25 maio 2025.

SANTOS, Tamar. O Brasil produz comida para alimentar até 1,6 bilhão de pessoas. **Cotripal**, [s. l.], 9 mar. 2022. Disponível em: [https://cotripal.com.br/brasil-produz-comida-para-alimentar-ate-16-bilhao-de-pessoas/#:~:text=Hoje%2C%20%20Pa%C3%ADs%20produz%20comida,Agricultura%20do%20Estado%20\(Farsul\)](https://cotripal.com.br/brasil-produz-comida-para-alimentar-ate-16-bilhao-de-pessoas/#:~:text=Hoje%2C%20%20Pa%C3%ADs%20produz%20comida,Agricultura%20do%20Estado%20(Farsul)). Acesso em: 25 maio 2025.

SCHEIDEL, A.; SORMAN, A. H. Energy return on investment (EROI) of agro-ecosystems: a review of the conceptual and empirical challenges. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 3, p. 588-595, ago. 2012. Disponível em: *Global Environmental Change: Arnim Scheidel, Alevgul H. Sorman*. Acesso em: 13 jul. 2025.

SOUZA, Artur Costa de; NASCIMENTO, Diego Coelho do. Sistemas produtivos sustentáveis: o caso dos quintais produtivos no município de Assaré - CE. **Revista Tecnologia e Sociedade**, [S. l.], p. 1-20, 2021.

TELLO, E.; MARCIANÒ, C.; LLOP, S.; SACRISTÁN, V.; CUSSÓ, R.; GALVE, E.; JOVER, J. The energy return on investment (EROI) of agrarian economies: Catalonia (Spain), 1800–2000. **Ecological Economics**, v. 136, p. 116-126, jun. 2017.

TEMP, Hans Dieter. **Cidade sem fome: Nosso propósito**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://cidadessemfome.org/>. Acesso em: 18 jul. 2025.