



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS.

Laura Sampaio Alvarez

**AGRICULTURA VERTICAL EM GRANDES CENTROS URBANOS:  
SUSTENTABILIDADE E ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>**

Dissertação

Santo André – SP

2022

Laura Sampaio Alvarez

**AGRICULTURA VERTICAL EM GRANDES CENTROS URBANOS:  
SUSTENTABILIDADE E ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do ABC, Centro de Ciências Naturais e Humanas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Centeno

Santo André – SP

2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

link: <https://portal.biblioteca.ufabc.edu.br/servicos/ficha-catalografica>

## DECLARAÇÃO DE ATENDIMENTO ÀS OBSERVAÇÕES DA BANCA

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## **DEDICATÓRIA**

Agradeço, acima de tudo, à Deus, pela vida, saúde, oportunidades e possibilidade da conquista desse sonho.

Dedico este trabalho a toda a minha família, que são meus amores e maiores exemplos da minha vida: meu pai Cláudio, minha mãe Divani, aos meus irmãos Fernando e Glória, minha cunhada Gabriella e ao meu amado Rafael, pelo apoio de todos, compreensão e paciência nessa reta final para a conquista desse sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

Dentre as diversas coisas que aprendi e experiências que vivi ao longo dessa jornada na UFABC, as principais que me marcaram muito foram: ter paciência, resiliência e persistência. Mas sem dúvidas não conseguiria chegar até aqui sem o apoio e ajuda de algumas pessoas, que serei eternamente grata.

Gostaria de agradecer, primeiramente, ao meu professor orientador Dr. Danilo Centeno, pela paciência, empatia e ajuda ao longo dessa etapa de minha vida e conclusão de meu curso.

Aos meus grandes amigos e colegas que conheci ao longo de minha graduação e vivência na Universidade, pela ajuda, companheirismo, torcida e apoio nos momentos bons e ruins.

Ao meu professor orientador dos estágios que realizei ao longo da minha graduação, o professor Dr. Otto Müller Patrão de Oliveira.

E a professora coordenadora do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, durante esse meu período, Prof. Dra. Vanessa Verdade, pela paciência, dedicação e empatia ao longo desses anos.

E a minha família, que são minhas razões de viver.

Muito obrigada a todos, vocês sempre serão lembrados eternamente por tudo!

## RESUMO

Idealizada em 1979, pelo físico italiano Cesare Marchetti, a agricultura vertical se caracteriza por um tipo de agricultura não tradicional, que utiliza das vantagens de espaços verticais, geralmente, mas não obrigatoriamente, implementada em ambientes controlados ou semi-controlados. Dentre suas diversas vantagens, podemos citar: economia de espaço, eficiência em sua produção por metro quadrado, diminuição de desmatamentos, diminuição da utilização de agroquímicos, diminuição da quantidade de água utilizada, não utilização de equipamentos pesados e a não dependência de grande quantidade de terra. Embora haja tantas vantagens, ainda não é um método tão utilizado mundialmente, principalmente em países em que a falta de espaço e insumos não é um fator limitante, o Brasil é um exemplo disso. Mas as novas demandas do mercado, crescimento populacional, a procura no mercado por produtos mais sustentáveis, a necessidade de diminuição de emissão de gases de efeito estufa pelos países, o aumento da pressão política ambiental internacional a respeito do tema e a preocupação da população referente à quantidade de agroquímicos utilizada na monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, fazem com que a agricultura vertical em grandes centros urbanos seja uma boa estratégia para o futuro. Este se tornou, portanto, um assunto muito recente e promissor. Com o intuito de se verificar se essa estratégia é mais sustentável do ponto de vista de emissões de GEE, o presente trabalho avalia a cadeia produtiva para os cultivos de arroz e feijão na agricultura vertical e no processo monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, sendo pautado na comparação da estimativa da geração de CO<sub>2</sub> entre os dois métodos.

**Palavras-chaves:** agricultura vertical; agriculturas sustentáveis; agricultura em grandes centros urbanos; sustentabilidade; emissão de CO<sub>2</sub>.

## ABSTRACT

Conceived in 1979 by an Italian physicist Cesare Marchetti, vertical agriculture is characterized by a type of non-traditional agriculture that uses the advantages of vertical spaces, usually, but not necessarily, implemented in controlled or semi-controlled environments. Among its many advantages, we can mention: space savings, production efficiency per area, reduction in deforestation, reduction of using agrochemicals, reduction of water used, no use of mechanical equipment and non-dependence on large amounts of land. Although there are so many advantages, it is still not a method used worldwide, especially in countries where the lack of space and supplies is not a limiting factor, Brazil is an example of it. But with the new market demands, population growth, the search for more sustainable products, the need to reduce the emission of gases by the countries, the increase of international environmental political pressure on the subject and the concern of the population regarding the amount of agrochemicals used in traditional agriculture, implement vertical agriculture in large urban centers can be a good strategy for the future. This has become a very recent and promising subject. In order to verify whether this strategy is more sustainable from the point of view of GHG emissions, the present work evaluates the production chain for rice and beans in vertical agriculture and the intensive monoculture (Agrobusiness) production process in Brazilian rural areas, based on the comparison of the estimated CO<sub>2</sub> generation between the two methods.

**Keywords:** vertical agriculture; sustainable agriculture; agriculture in large urban centers; sustainability; CO<sub>2</sub> emission.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Plantação vertical utilizando luzes LEDs, Brightbox - Holanda.....	22
<b>Figura 2:</b> Artesian Farm - Texas, USA - 2022.....	23
<b>Figura 3:</b> Estufa orgânica montada na escola P.S. 333, The Greenhouse - New York, USA - 2020.....	24
<b>Figura 4:</b> Fachada do edifício do Grupo Pasona - Tóquio, Japão - 2010.....	24
<b>Figura 5:</b> Zoom na fachada do edifício do Grupo Pasona - Tóquio, Japão - 2010.....	25
<b>Figura 6:</b> Salas de reuniões e espaços de trabalho do edifício Pasona - Tóquio, Japão - 2010.....	25
<b>Figura 7:</b> Lobby e salão de entrada do edifício Pasona - Tóquio, Japão - 2010.....	26
<b>Figura 8:</b> Lobby e salão de entrada do edifício Pasona - Tóquio, Japão - 2010.....	26
<b>Figura 9:</b> Projeto Telhado Verde implementado no telhado do Shopping Eldorado - São Paulo, Brasil - 2022.....	27
<b>Figura 10:</b> Projeto Sky Greens, agricultura vertical hidropônica de vegetais - Singapura - 2014.....	28
<b>Figura 11:</b> AeroFarms, maior agroindústria vertical do mundo - New Jersey, USA - 2022.....	29
<b>Figura 12:</b> AeroFarms, plantas cultivadas sob luzes LEDs dispostas em prateleiras - New Jersey, USA - 2022.....	29
<b>Figura 13:</b> Fachada do edifício One Central Park - Sydney, Austrália - 2014.....	30
<b>Figura 14:</b> Fluxograma do ciclo de produção sustentável - 2022.....	32
<b>Figura 15:</b> Gráfico dos Alimentos consumidos com maior frequência, segundo o sexo - Brasil - 2008/2009.....	35

<b>Figura 16:</b> Estágios de desenvolvimento <i>Phaseolus vulgaris</i> , processo de germinação do feijoeiro - 1995.....	36
<b>Figura 17:</b> Vagem do feijão - São Paulo, Brasil - 2022.....	37
<b>Figura 18:</b> Estruturas da planta de arroz, a planta adulta, sua flor, anteras, frutos, grãos, cariopse e penicula que se formam. - São Paulo, Brasil - 2022.....	38
<b>Figura 19:</b> Lavoura de arroz arrigado, Rio Grande do Sul, Brasil - 2019.....	40
<b>Figura 20:</b> Lavoura de arroz sequeiro, Tocantins, Brasil - 2019.....	40
<b>Figura 21:</b> Sistema de transplântio de forma mecanizada na lavoura de arroz irrigado - Brasil - 2021.....	41
<b>Figura 22:</b> Plantio direto com adubação de forma mecanizada - Rio Grande do Sul, Brasil - 2010.....	42
<b>Figura 23:</b> Colheita mecânica do arroz depois da terra secar - Rio Grande do Sul, Brasil - 2010.....	43
<b>Figura 24:</b> Máquina fazendo aração e gradagem do terreno antes do plantio - Brasil - 2022.....	45
<b>Figura 25:</b> Dessecação pré-colheita do arroz - Brasil - 2019.....	46
<b>Figura 26:</b> Colheita mecanizada do feijão feita pela colheitadeira - Brasil - 2019.....	47
<b>Figura 27:</b> Colheita de feijão manual - Brasil - 2011.....	47
<b>Figura 28:</b> Cultivo de arroz irrigado em ambiente semi-controlado - Grupo Pasona - Japão - 2011.....	50
<b>Figura 29:</b> Cultivo de arroz irrigado em ambiente semi-controlado - Grupo Pasona - Japão - 2011.....	50
<b>Figura 30:</b> Colheita manual de arroz no sistema semi-controlado - Grupo Pasona - Japão - 2011.....	51
<b>Figura 31:</b> Esquema ilustrado da fenologia do feijão - Brasil - 2018.....	53

<b>Figura 32:</b> Esquema ilustrado da fenologia do feijão - Brasil - 2007.....	53
<b>Figura 33:</b> Disposição verticalizada em prateleiras de cultivo de hortaliças - Canadá - 2018.....	54
<b>Figura 34:</b> Disposição verticalizada em paredões a 45 graus de inclinação - Austrália - 2017.....	54
<b>Figura 35:</b> Fluxograma da produção do arroz, método da monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras - Brasil - 2022.....	55
<b>Figura 36:</b> Fluxograma da produção do arroz, método verticalizado - Brasil - 2022.....	56
<b>Figura 37:</b> Fluxograma da produção do feijão, método da monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras - Brasil - 2022.....	56
<b>Figura 38:</b> Fluxograma da produção do feijão, método verticalizado - Brasil - 2022....	57
<b>Figura 39:</b> Gráfico de Quantidade Produzida (Mil toneladas) x Safra (ano), por região do Brasil - Brasil - 2022.....	62

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1:** Emissão de CO2 (Pegada de Carbono) - Kg CO2 por m<sup>2</sup> - Brasil - 2022.....61

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS E LISTA DE SÍMBOLOS**

**FMI** - Fundo Monetário Internacional

**OMC** - Organização Mundial do Comércio

**PIB** - Produto Interno Bruto

**CEPEA** - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

**ESALQ/USP** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ Universidade de São Paulo

**CNA** - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

**PENSSAN** - Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional

**ONU** - Organização das Nações Unidas

**CO<sub>2</sub>** - Dióxido de Carbono

**LED** - Light-Emitting Diode

**USA** - United States of America

**Kg** - Quilograma

**SOA** - Service-Oriented Architecture

**UK** - United Kingdom

**MMA** - Ministério do Meio Ambiente

**COP-15** - 15ª Conferência do Clima

**COP-21** - 21ª Conferência do Clima

**COP-26** - 26ª Conferência do Clima

**GEE** - Gases de Efeito Estufa

**Embrapa** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**PNMC** - Política Nacional sobre Mudança do Clima

**MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

**BACEN** - Banco Central do Brasil

**ETENE** - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste

**CONAB** - Companhia Nacional de Abastecimento

**IBRAFE** - Instituto Brasileiro do Feijão e Pulses

**WHO** - World Health Organization

**SPD** - Sistema Plantio Direto

**ILP** - Integração Lavoura Pecuária

**IAPAR** - Instituto Agrônomo do Paraná

**kWh** - QuiloWatt- hora

**W** - Watt

**hs** - Horas

**m<sup>2</sup>** - Metro Quadrado

**km** - Quilômetro

**MJ** - MegaJoule

**ha** - Hectare

**g** - Grama

**UFGD** - Universidade Federal da Grande Dourados

**UNIP** - Universidade Paulista

°C - Graus Celsius

## SUMÁRIO

<b>1.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.2	Fome e distribuição de alimentos no Brasil e no Mundo.....	18
1.3	O que é agricultura vertical?.....	19
1.4	Vantagens e Desvantagens da Agricultura Vertical.....	20
1.5	Modelos de Agricultura Vertical já existentes no Brasil e no mundo.....	21
1.6	Processos sustentáveis e pegada de carbono.....	31
1.7	Objetivos.....	34
1.8	Justificativa.....	34
<b>2.1</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>35</b>
2.2	Os cultivos.....	35
2.3	Metodologia.....	39
2.3.2	Análise dos métodos de cultivos e cadeia de produção de monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras.....	39
2.3.3	Análise dos métodos de cultivo e cadeia de produção verticalizada em grandes centros urbanos.....	49
2.3.4	Estimativa de Pegada de Carbono.....	55
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>

## INTRODUÇÃO

### 1.2 Fome e distribuição de alimentos no Brasil

O Brasil é um país emergente e em desenvolvimento, ocupando a 13<sup>o</sup> posição na lista das 15 maiores economias do mundo, sendo conhecido internacionalmente como um dos maiores produtores e fornecedores de matéria prima. Ocupa a 7<sup>o</sup> posição dentre os maiores países produtores de matéria prima, até 2050 o Brasil se tornará a sexta potência mundial, ocupa também a 2<sup>o</sup> posição dentre os países exportadores do mundo (CNN, 2022), dentre as matérias primas produzidas estão insumos para a indústria e alimentos, como frutas, grãos, verduras, legumes, soja, milho, etc.

A produção de matéria prima e alimentos compõem boa parte da economia brasileira, sendo mais de 9,81% do PIB, segundo cálculos realizados no segundo trimestre de 2021 (CNA, 2022). Mas como tantos outros países emergentes, a realidade é a desigualdade financeira, má distribuição de renda e boa parte da população, contraditoriamente, sofre com a fome.

Segundo o inquérito sobre a insegurança alimentar durante a pandemia (Rede PENSSAN, 2020), indica que nos últimos meses de 2020, aproximadamente 19 milhões de brasileiros passam fome. As coletas dessas informações ocorreram entre os dias 5 e 24 de dezembro de 2020, em cinco regiões brasileiras, abrangendo tanto áreas rurais, como urbanas, período em que o auxílio emergencial concedido pelo Governo Federal já estava vigente e contemplou 68 milhões de brasileiros (GRANDA, 2021). Antes da pandemia o Brasil já sofria com números alarmantes de pessoas que se encontravam em situação de insegurança alimentar, com a pandemia esse número aumentou. A fome e extrema pobreza presente no campo e áreas rurais foi agravada em 2021, contraditoriamente, nesse mesmo ano houve uma super safra de 272 milhões de grãos (Canal Agro, 2021). Cerca de três a cada quatro domicílios nas áreas rurais brasileiras (75,2%) apresentaram estágios de insegurança alimentar, ultrapassando resultados obtidos em grandes cidades de 55,7% e a média nacional de 59,4%, pesquisa feita entre agosto e dezembro de 2020. (Universidade Livre de Berlim, 2021).

Em 2007, estimativas afirmaram que em 30 de outubro de 2011, o planeta alcançaria aproximadamente 7.000 milhões de habitantes (ONU, 2010). Hoje, com essa estimativa já mais que superada, notou-se que mais de 50% da população mundial se concentra nos centros urbanos, estima-se que em 2050, essa porcentagem aumente para 75% (ONU,

2014). Há um crescimento alarmante da população, tanto em quantidade de pessoas, como em sua distribuição pelo território. Isso nos leva a uma consequência inevitável, que com o aumento da concentração de pessoas em grandes centros urbanos, maior a necessidade de transporte públicos, ruas, casas, infraestrutura e dentre tantas mudanças, consequentemente, mais alimento.

A agricultura vertical vem como uma alternativa para desafogar a necessidade de expansão de áreas agricultáveis no campo. A expansão dessas áreas não será uma opção bem vista a médio e longo prazo, dada a necessidade de se diminuir o desmatamento e frear o aquecimento global. Portanto, é de grande interesse utilizar de maneira ótima os espaços que já possuímos, a agricultura vertical, em grandes centros urbanos, nos permite isso, combinar a produção de alimentos com a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> e ainda a utilização de espaço útil para outras funcionalidades.

### 1.3 O que é agricultura vertical?

A agricultura vertical foi idealizada em 1979 por um físico italiano Cesare Marchetti, porém difundida em 1999 pelo biólogo Dickson Despommier, da Universidade de Columbia, em Nova York. Se define por um tipo de agricultura não tradicional que utiliza das vantagens de espaços verticais, como paredões, prédios, torres, pilares, hastes etc. Ao contrário da monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, esse tipo de agricultura é geralmente, mas não obrigatoriamente, implementada em um ambiente controlado ou semi-controlado. Também pode ser associada a formas diferentes de cultivo, como a hidroponia, que é um método de cultivo que não se utiliza o solo, somente água, nutrientes e soluções minerais. A chamada solução nutritiva usada na hidroponia é equilibrada e faz com que a planta cresça e se desenvolva sem a necessidade da utilização de terra e adubo, pois esta já possui todos os elementos químicos necessários (AgroPós, 2020).

## 1.4 Vantagens e Desvantagens da Agricultura Vertical

### Vantagens:

- 41% do território brasileiro são utilizados para a produção de alimentos, entre lavouras, pastagens, matas naturais e matas plantadas, que somam 350 milhões de hectares (CNA, 2021). A agricultura vertical não utiliza grandes espaços, principalmente se forem implementadas em locais ociosos de grandes centros urbanos, trazendo economia de espaço e território;
- A quantidade de comida produzida em agriculturas indoor é bem maior que a quantidade produzida na monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, dependendo do cultivo, no caso de alface e plantas menores, a eficiência é de 4 a 6 vezes maior. Isso se dá, principalmente, porque a agricultura vertical não depende de épocas para realizar colheitas e nem possui produções sazonais, pois possui um ambiente controlado ou semi-controlado (híbrido), também não ficam à mercê do clima e mudanças climáticas não as afetam (SkyGreens, 2022);
- Esse tipo de agricultura não utiliza ou reduz drasticamente a utilização de defensivos agrícolas e agroquímicos, o que gera economia para a cadeia de produção, como também qualidade e segurança nos produtos (AgroPós, 2022);
- É possível cultivar verduras usando apenas 5% da quantidade de água de uma fazenda convencional, utilizando hidroponia. A agricultura vertical utiliza 90% menos água do que uma monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, em plantações hidropônicas, sendo o tipo mais incorporado em agricultura vertical, utiliza 70% menos água do que a monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, também há vantagens de se utilizar águas recicladas e reutilizadas em agricultura indoor, podendo obter água da chuva e com isso economizando ainda mais (AeroFarms, 2022);
- Também há uma diminuição nas emissões de gases provenientes do consumo em grandes campos, por se encontrarem em locais mais distantes e ter um gasto associado com transporte e distribuição do produto, o que a agricultura vertical em grandes centros urbanos não necessitaria, principalmente em ambientes ociosos e construções do tipo híbridas (HidroGood, 2021);
- Existem os benefícios sociais como a criação de um ambiente urbano sustentável que permita uma vida saudável aos seus habitantes, novas oportunidades de

emprego para a comunidade, relação cultural e propagação de conhecimentos sobre agricultura vertical, implementação em lotes e edifícios abandonados, incentivando a revitalização urbana, geração de um ar mais limpo e alimentos.

Desvantagens:

- Dependendo do cultivo e do local escolhido pode ser necessário ter um ambiente controlado. Muito se fala da relação entre agricultura vertical e ambientes controlados tecnologicamente, mas já se nota o desenvolvimento da agricultura vertical sem a necessidade de ter um ambiente controlado, isso irá depender de alguns fatores, como clima da região, local a ser implementado e tipo de cultivo a ser escolhido;
- Alguns alimentos e plantas não são possíveis de serem produzidos em grandes centros urbanos, isso se dá pela necessidade de grande áreas e terra para o cultivo, temperatura certa, umidade controlada e adequada, em grandes centros urbanos temos poluição e grande emissões de gases prejudiciais ao desenvolvimento de plantas, plantas mais sensíveis podem acabar não se adaptando;
- A agricultura vertical, em ambientes controlados, demanda grande quantidade de energia elétrica, o que pode ser desvantajoso em alguns aspectos como preço, custo de produção, exigindo uma infraestrutura cara e, com isso, um alto nível de emissão de carbono associado à produção de energia elétrica (Sky Greens, 2022);
- A utilização de espaços com metro quadrado em grandes centros urbanos pode tornar a agricultura vertical algo caro e desvantajoso, caso não seja implementada em espaços ociosos, como também a contratação de mão de obra especializada para cultivar e poder cuidar adequadamente da agricultura vertical.

### 1.5 Modelos de Agricultura Vertical já existentes no Brasil e no mundo

Holandeses criaram uma empresa que cultivava alimentos em grandes centros urbanos, de maneira rápida e indoor, sem a utilização de luz solar. Chamada “Brightbox”, a empresa high-tech é especializada em laboratórios e estufas na Holanda, criou uma agricultura indoor utilizando luzes LEDs para o cultivo de hortaliças em prateleiras, em um ambiente totalmente controlado. “Tentamos ficar longe dos solos”, diz Gus Van der Feltz, diretor global do City Farming na Philips Horticulture LED Solutions (LEDs Magazine, 2015), utilizando plantações hidropônicas para a implementação da agricultura indoor, figura 1.

Figura 1 - Plantação vertical utilizando luzes LEDs, Brightbox - Holanda - 2022.



Fonte: Site Deposit Photos, autor NikolayE, 2022.

A Holanda, que é a segunda nação a exportar mais produtos agrícolas, depois dos Estados Unidos da América, é líder em tecnologias de casas de cultivos indoor, impulsionada pelo pequeno território destinado à agricultura intensiva em áreas rurais e clima muito frio, com bastante vento e chuvoso, o que não é de se surpreender que a Holanda possui grande interesse em desenvolver novos tipos de agricultura.

Para alguns países há bons motivos para desenvolver cultivos indoor, principalmente quando o clima varia muito e, em geral, possuem temperaturas extremas, podendo ser muito chuvoso, frio, muito quente etc ou também a falta de espaço e território nacional para o cultivo de monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais, porém no Brasil não temos esses problemas.

Para melhor otimização do espaço, o cultivo indoor utiliza a automação e robôs para a manutenção e controle das plantações. As Fábricas são uma ótima opção e uma solução sustentável para o problema de espaço e aumento populacional.

Mas essa ideia inovadora não se manteve somente entre os holandeses. Em Michigan, USA, começaram a surgir também métodos high-tech de agricultura. Em Detroit, as empresas Artesian Farm e Green Collar Foods recentemente abriram fábricas de agricultura vertical, ambas as empresas utilizam lâmpadas de LED para o cultivo, feitas pela empresa Texas-based Illumitex (Artesian Farm, 2022), figura 2.

Figura 2 - Artesian Farm - Texas, USA - 2022.



Fonte: Artesian Farm, JLN Studio, 2022.

O método de agricultura vertical atualmente é utilizado para a produção de folhas verdes, morangos e ervas para supermercados, restaurantes e lojas de alto padrão, não é utilizada para a produção em grande massa da população de produtos base como arroz, feijão, milho, batata, que são essenciais para uma boa alimentação da população.

Segundo Chris Bayetes, editor no Chicago-based Grower Talk e Green Profit Magazines, a agricultura vertical nunca irá substituir a monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, mas terá seu espaço em grandes centros urbanos, cultivando certos alimentos em específico.

Em Nova York, temos outro exemplo: na escola P.S. 333 de Manhattan foi implementado em sua cobertura, figura 3, com ajuda de pais, educadores e a empresa New York Sun Works, uma estufa orgânica, projeto chamado The Greenhouse. A cobertura ganhou um ambiente de 130m<sup>2</sup>, onde os alunos cuidam e também aprendem diversos temas sobre agricultura sustentável (NYSW, 2022).

Figura 3 - Estufa orgânica montada na escola P.S. 333, The Greenhouse - New York, USA - 2020.



Fonte: MetroFocus, PBS NewsHour Weekend's Tracy Wholf, 2014.

Dentre os assuntos estudados, são abordados assuntos como a utilização e captação de água pluvial, a utilização de pesticidas e inseticidas naturais, a importância da utilização de fonte luminosa natural para o cultivo sustentável etc.

Outra realidade é vista em Tóquio, Japão, em 2010, a sede do Grupo Pasona, empresa de recursos humanos, em conjunto com o estúdio Kono Designs, converteram todo o edifício que utilizam, que possui mais de 50 anos, em um edifício híbrido de arquitetura e agricultura vertical, com 3.994m<sup>2</sup> de área verde (Casa Vogue, 2014). Em sua fachada se encontram laranjeiras e flores, figura 4.

Figura 4 - Fachada do edifício do Grupo Pasona - Tóquio, Japão - 2010.



Fonte: Archello, Kono Designs, 2022.

Figura 5 - Zoom na fachada do edifício do Grupo Pasona - Tóquio, Japão - 2010.



Fonte: Archello, Kono Designs, 2022.

Em seu interior no lobby, figura 7, abriga flores, cultivo de brócolis, arroz, ervas e temperos, ao longo dos 9 andares, composto por escritórios, salas de reuniões, auditórios, lanchonetes, jardins, cobertura e até a cafeteria, figuras 6, 7 e 8, se transformaram, hoje ficam em meio a hortas, com mais de 20 espécies de frutas, verduras, temperos e grãos, abrigando mais de 200 diferentes espécies de plantas, frutas, legumes e arroz (Furniture Home Wares, 2022). Conforme as seguintes nas imagens de seu interior:

Figura 6 - Salas de reuniões e espaços de trabalho do edifício Pasona - Tóquio, Japão - 2010.



Fonte: Archello, Kono Designs, 2022.

Figura 7 - Lobby e salão de entrada do edifício Pasona - Tóquio, Japão - 2010.



Fonte: Archello, Kono Designs, 2022.

Figura 8 - Lobby e salão de entrada do edifício Pasona - Tóquio, Japão - 2010.



Fonte: Archello, Kono Designs, 2022.

Para manter os cultivos indoor, contam com iluminação especial de LEDs, sistema automático de irrigação, pulverização automatizada e ventilação planejada, sendo colhidas diariamente pelos próprios funcionários do edifício. É um exemplo de um edifício inovador, presente em um dos maiores centros urbanos do mundo, onde o metro quadrado chega a custar US\$84,4 mil, sendo considerado o segundo lugar com o metro

quadrado mais caro do mundo (Forbes, 2018). Segundo entrevista realizada pela Fair Companies, em 2021, a utilização e gasto com luzes dentro do edifício é a mesma de quando não havia a agricultura indoor, quando acaba o horário do expediente dos funcionários, desligam as luzes e as reacendem somente no dia seguinte, conforme o usual. Com essa inovação, eles conseguem alimentar toda a empresa (esquema conhecido como farm-to-table no Japão) e ainda doar parte de sua produção para seus funcionários, eles possuem liberdade e são encorajados a colher e se alimentar dos cultivos ali produzidos, mas a empresa também possui uma equipe especializada em agricultura para dar apoio e cuidar das plantas. Utilizam gavetas embutidas nos assentos dos espaços de reuniões para o armazenamento e desenvolvimento de sementes e pequenas mudas, que estão em seu início de desenvolvimento. O edifício conta com uma fachada completamente verde, de pele dupla, onde flores e laranjeiras são plantadas em pequenas varandas de terra. Segundo o diretor Yoshimi Kono, criador da Pasona Urban Farm e fundador da Kono Designs, o edifício é mais do que um local, diz "É importante notar que este não é um edifício passivo com plantas nas paredes, este é um edifício em crescimento ativo, com plantações utilizadas para oficinas educativas, onde os funcionários da Pasona e membros da comunidade externa podem entrar e aprender práticas agrícolas" (Fair Companies, 2021).

O Brasil também começa a dar seus primeiros passos nessa nova forma de agricultura sustentável. No bairro de Pinheiros, em São Paulo, o telhado do Shopping Eldorado, abriga, desde 2012, 2500m<sup>2</sup> de plantação de legumes, verduras e ervas aromáticas, que contribuem na alimentação de seus funcionários (Casa Vogue, 2014), figura 9.

Figura 9 - Projeto Telhado Verde implementado no telhado do Shopping Eldorado - São Paulo, Brasil - 2022.



Fonte: Site Shopping Eldorado, Projeto Telhado Verde, 2022.

Também realizam compostagem, com resíduos orgânicos vindos da praça de alimentação do próprio shopping, que gera 400Kg de lixo orgânico todos os dias, o shopping possui uma mão de obra especializada para fazer a manutenção e operação do projeto (Shopping Eldorado, 2022).

O Sky Greens, em Singapura, figura 10, é a primeira agricultura vertical hidropônica de vegetais, de menor geração de CO<sub>2</sub> do mundo, utilizando o mínimo necessário de terra, água e energia (Sky Greens, 2022).

Figura 10 - Projeto Sky Greens, agricultura vertical hidropônica de vegetais - Singapura - 2014.



Fonte: Site Sky Greens, 2014.

A empresa sueca Plantagon, especializada na criação de estufas urbanas inovadoras, pretende desenvolver um projeto chamado Vertical Greenhouse, em Linköping, na Suécia. Será um edifício de vidro com 17 andares, sendo para cultivo de alimentos, que irá conter esteiras onde farão com que as plantas tenham uma exposição ao sol revezado. Já na França, o escritório SOA idealizou um prédio destinado ao cultivo de bananas no grande centro urbano de Paris, o projeto com nome Urbanana adota janelas de vidro para que haja grande captação de luz solar pelas plantas.

A maior agricultura vertical indoor do mundo fica em Newark, New Jersey, empresa chamada de AeroFarm, figuras 11 e 12. Segundo o site da empresa, é uma indústria com instalações de alto nível, tanto em questões de orçamento dedicado ao projeto, como

materiais de primeira linha e plantas cuidadosamente selecionadas para esse tipo de cultivo. Não utilizam terra, as mudas crescem em um sistema em que suas raízes crescem através do ar úmido. É uma instalação limpa, cuidadosamente planejada, com prateleiras de 24 metros de comprimento empilhadas com 36 metros de altura, dispostas em corredores, como podemos ver nas figuras 11 e 12 (AeroFarms, 2022).

Figura 11 - AeroFarms, maior agroindústria vertical do mundo - New Jersey, USA - 2022.



Fonte: Site AeroFarms, 2022.

Figura 12 - AeroFarms, plantas cultivadas sob luzes LEDs dispostas em prateleiras - New Jersey, USA - 2022.



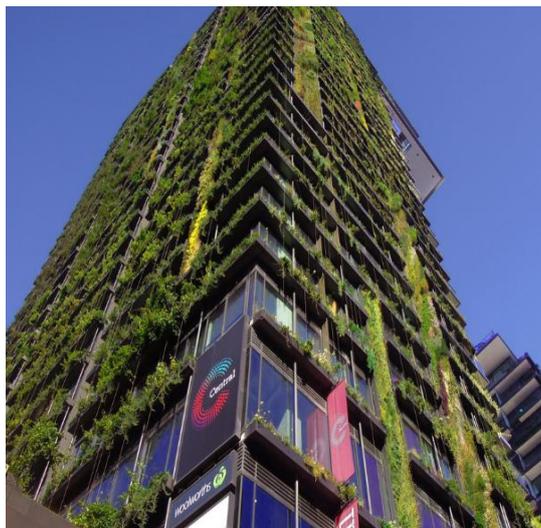
Fonte: Site AeroFarms, 2022.

Sua localização, em um grande centro urbano, faz com que diminua a distância do trajeto do alimento da fazenda ao prato. Porém uma instalação nesse nível de complexidade, também gera alto custo, as instalações são caras de construir, substituem a luz do sol

gratuita por eletricidade cara, utilizando tanta eletricidade que pode acabar com a vantagem de menor geração de carbono por conta da menor distância do consumidor. Porém, em questão de produtividade, a empresa é fabulosamente produtiva. Isso ocorre por diversos fatores, em parte, porque eles operam o ano todo, explica Marc Oshima, diretor de marketing da AeroFarms, eles empilham as plantas em grandes e profundas prateleiras, todo o clima e ambiente é controlado, ajustam todas as variáveis, como: fluxo de ar, umidade, intensidade da luz, comprimentos de onda, duração da luz e canalizam a água enriquecida com nutrientes diretamente para as raízes. Tudo isso permite que cada planta obtenha o que precisa, quando precisa. Isso permite cultivar em 12 a 16 dias, o que demoraria 30 a 45 dias em um campo. “Atualizando, somos 390 vezes mais produtivos do que uma fazenda”, afirma o diretor.

Em todos esses projetos há ideias muito inovadoras para unir agricultura sustentável com a agricultura vertical em grandes centros urbanos, mas há também a possibilidade de ao invés de destinar um espaço útil dos edifícios para isso, utilizar seu espaço ocioso para a agricultura. Patrick Blanc, na França, é um dos pioneiros na utilização de espaços ociosos em edifícios para a implementação de paisagismo vertical, adaptando e aplicando à agricultura vertical em grandes centros urbanos, seria possível obter o resultado em diversos locais. Em Sydney, Austrália, o prédio One Central Park aderiu uma fachada bem diferente, figura 15, criando uma mescla de agricultura, paisagismo, arquitetura moderna e engenharia civil (Vertical Garden, 2014).

Figura 13 - Fachada do edifício One Central Park - Sydney, Austrália - 2014.



Fonte: Site Vertical Garden Patrick Blanc, 2014.

Modo inovador também visto anteriormente no edifício do Grupo Pasona, figuras 4, 5, 6, 7 e 8, essas duas fachadas de edifícios é possível dar clareza de que a implementação de agricultura vertical em grandes centros urbanos pode ser algo visto nos próximos anos e que a agricultura vertical pode se unir com arquiteturas e engenharias civis modernas e inovadoras.

#### 1.6 Processos sustentáveis e pegada de carbono.

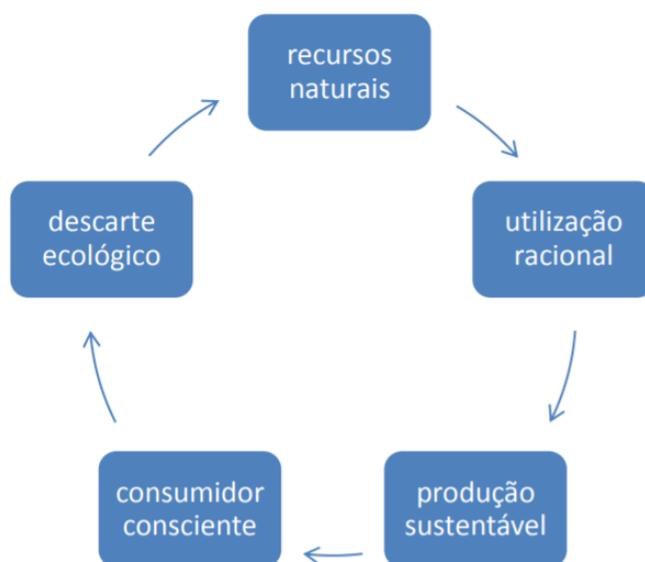
Nos termos de Marrakech, "produção sustentável" pode ser entendida como sendo a incorporação, ao longo de todo o ciclo de vida de bens e serviços, das melhores alternativas possíveis para minimizar impactos ambientais e sociais. Acredita-se que esta abordagem reduz, prevenindo mais do que mitigando, impactos ambientais e minimiza riscos à saúde humana, gerando efeitos econômicos e sociais positivos (MMA, 2022).

Vista numa perspectiva planetária, a produção sustentável deve incorporar a noção de limites na oferta de recursos naturais e na capacidade do meio ambiente para absorver os impactos da ação humana. Uma produção sustentável será, necessariamente, menos intensiva em emissões de gases do efeito estufa, em demanda energética e demais recursos. Uma produção sustentável deve levar em conta o ciclo completo dos produtos, procurando prolongar a vida útil dos produtos e reaproveitar o máximo possível os insumos da reciclagem em novas cadeias produtivas.

Segundo o artigo “Produção sustentável: Práticas que podem moldar o futuro” de Geislaine Estefânia Ramos, sustentabilidade é um termo usado para definir ações e práticas aplicadas e realizadas de maneira responsável, onde a prioridade seja cumprir as necessidades atuais do ser humano, sem comprometer o futuro das próximas gerações. As práticas organizacionais sustentáveis demonstram respeito ao meio ambiente e aos consumidores, que por sua vez estão cada dia mais preocupados em adquirir produtos que não agridam a natureza. Com isso as empresas que adotam a produção sustentável, vem ganhando um diferencial dentre as demais e conquistando um novo espaço de destaque no mercado.

Segundo o artigo, pode ser esquematizada a produção sustentável como segue abaixo:

Figura 14 - Fluxograma do ciclo de produção sustentável - 2022.



Fonte: Trabalho de Engenharia de Produção, Faculdades Integradas de Cataguases, “Produção sustentável: Práticas que podem moldar o futuro”, RAMOS, Geislaine Estefânia Regaze. - 2022.

De acordo com o fluxograma do ciclo de produção sustentável, a matéria prima que é a essência para o desenvolvimento de produtos, deve ser usada de maneira racional, a fim de proporcionar em todo processo produtivo recursos que permitam garantir ao consumidor um produto sustentável, de modo que seu descarte possa ser ecologicamente correto, quando o mesmo chegar ao fim de sua vida útil, diminuindo ao máximo a geração de lixo ou resíduo.

Dentre as diversas preocupações a respeito ao meio ambiente, está a emissão de dióxido de carbono na atmosfera, sendo um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (BRAZ, Sofia Negri, 2021). A diminuição das emissões de gás carbônico e diminuir as ações antrópicas no meio ambiente está cada vez mais em pauta entre as estratégias empresariais e governamentais. Preocupação essa que é intensificada pelo protocolo de Kyoto, que foi o primeiro acordo assinado por 84 países, dentre eles o Brasil, durante a Terceira Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada em Kyoto (Japão), em 1997, para controle da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera (Agência Senado, 2021). Dentre as metas estabelecidas, há a redução de 5,2% dos gases de efeito estufa emitidos. Em 2015, durante a COP-21, foi firmado o

tratado internacional vinculante sobre mudanças climáticas, conhecido como Acordo de Paris, que foca em reforçar os compromissos dos países vinculados em reduzir a emissão de GEE, a fim de conter o aquecimento global, focando no desenvolvimento sustentável. Mas na COP-26, os participantes do acordo aumentaram a pressão para que países se comprometam ainda mais com a diminuição da emissão de gases (Eco Notícias, 2021).

Em 2009, o Brasil apresentou um compromisso internacional de redução de GEE, envolvendo diversos setores da economia, dentre as pautas, há a diminuição do desmatamento e adoção de práticas mais sustentáveis na agricultura. Surgindo no plano da agricultura, o Plano ABC, que seu nome oficial é "Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura". Sendo um dos planos setoriais estabelecidos em conformidade com a PNMC como parte da estratégia do Estado Brasileiro na mitigação da emissão de GEE e no combate ao aquecimento global (Embrapa, 2021). Dado a importância do Plano ABC, em 2015, na COP-15, houveram determinações mais rígidas das metas a serem alcançadas (Eco Notícias, 2021).

No Plano Agrícola e Pecuário 2010/2011 foi criado o "Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)", que é uma linha de crédito instituída pelo MAPA, e aprovada pela Resolução BACEN nº 3.896 de 17/08/10, que disponibilizou na época o montante de R\$ 2 bilhões para financiar práticas adequadas, tecnologias adaptadas e sistemas produtivos eficientes que contribuam para a mitigação da emissão dos gases de efeito estufa. No atual Plano Agrícola e Pecuário 2014/2015 o volume de recursos financeiros disponíveis mais que dobrou, mantendo-se os juros, para maior incentivo na área (BRAZ, Sofia Negri, 2021). Com isso, impulsionando cada vez mais o surgimento de novas tecnologias e ideias mais sustentáveis para a agricultura no país.

A “pegada” de carbono se refere aos impactos causados por atividades humanas no meio ambiente, com enfoque nas emissões de GEE. A fim de reduzir as emissões de GEE, pode-se calcular as “pegadas” de carbono de um processo ou produto, com isso, mitigando os pontos fracos que podem ser eliminados ou melhorias a serem implementadas, podendo funcionar como um importante indicador de desenvolvimento sustentável (Dzematyi e Ramos, 2019). Segundo o artigo de Dzematyi e Ramos (2019), a pegada de carbono pode ser encarada de duas maneiras: A pegada de carbono de um produto, na qual o rótulo de carbono é definido pela quantidade total de GEE emitidos ao longo de todo ciclo de vida do produto. A origem dessas emissões pode estar na produção,

no transporte, no consumo final, na eliminação de resíduos, entre outros; a segunda maneira, é a pegada de carbono de uma empresa, que também avalia as emissões de GEE, mas no estágio da produção.

No caso de produções agrícolas, pouco se discute sobre a implementação de sistemas mais sustentáveis e ambientalmente corretos do que a monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, principalmente em um país como o Brasil, onde esse tipo de agricultura possui grande influência política. Outro fato é a disponibilidade de grandes áreas para esse tipo de agricultura. O Brasil, por ser um país de tamanho continental, não possui tantas dificuldades no uso do campo, como em países com menor extensão territorial.

### **OBJETIVO**

O objetivo é avaliar a sustentabilidade da agricultura vertical em grandes centros urbanos, para os cultivos arroz e feijão, tendo como parâmetro a estimativa de emissão de dióxido de carbono em seus processos produtivos em comparação com o processo de monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras.

### **JUSTIFICATIVA**

A agricultura vertical é um processo com diversas vantagens, dentre elas economia de espaço, eficiência em sua produção por metro quadrado, diminuição de desmatamentos, diminuição da utilização de agroquímicos, diminuição da quantidade de água utilizada, não utilização de equipamentos pesados e a não dependência de grande quantidade de terra. Embora haja tantas vantagens, ainda não é um método tão utilizado mundialmente, principalmente em países em que a falta de espaço e insumos não é um fator limitante. Mas com as novas demandas do mercado, crescimento populacional, a procura por produtos ambientalmente corretos e sustentáveis, a necessidade de diminuição de emissão de gases de efeito estufa pelos países e a preocupação da população referente à utilização de agroquímicos desenfreadamente na monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, faz com que a agricultura vertical em grandes centros urbanos seja uma boa estratégia para o futuro. Porém, deve ser verificado se essa estratégia é mais sustentável do ponto de vista de emissões de GEE quando comparada com a monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras.

## DESENVOLVIMENTO

### 2.2 Os cultivos

O Brasil é um país que possui terras propícias para a plantação de diversos tipos de cultivos, porém dentre as diversas opções de cultivo que há para se escolher para fazer a comparação, é necessário levar-se em conta que na agricultura vertical há tipos de cultivos inviáveis. Uma questão que será discutida neste trabalho é: Como será possível comparar cultivos produzidos pela agricultura vertical em grandes centros urbanos e a monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras? Devem ser escolhidas plantas que sejam possíveis de serem cultivadas tanto na agricultura vertical em grandes centros urbanos, como também, na monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, para que uma comparação e análise justa nos processos sejam realizadas.

Dentre os 10 principais produtos agrícolas do Brasil (Dia Rural, 2019), estão os cultivos de arroz e feijão, que além de muito consumidos pela população brasileira, estão presentes na dieta diária da maioria da população (MAPA, 2010). Segundo o artigo sobre os Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009 (2012), figura 17, arroz e feijão estão entre os 3 alimentos mais consumidos.

Figura 15 - Gráfico dos Alimentos consumidos com maior frequência, segundo o sexo - Brasil - 2008/2009.

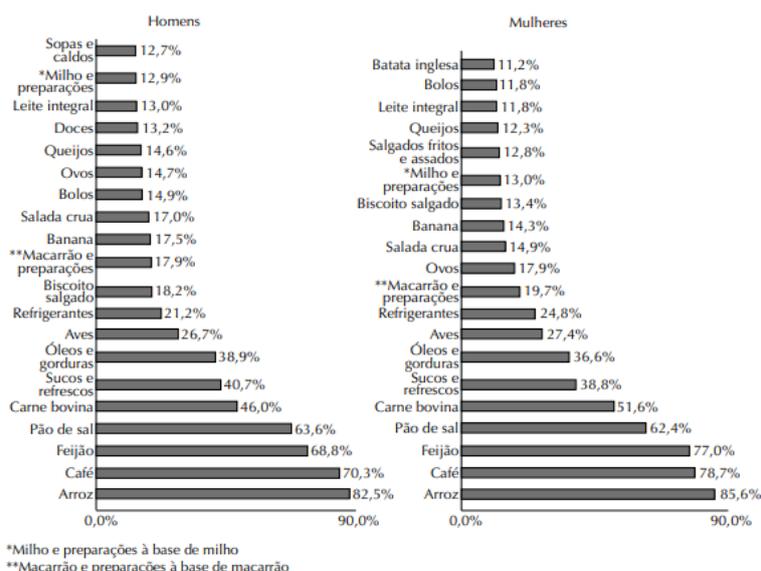


Figura 1. Alimentos com maior frequência de consumo segundo sexo. Brasil, 2008-2009.

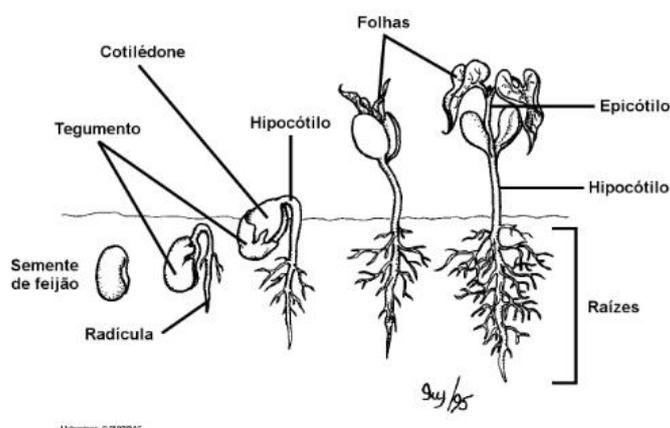
Fonte: Artigo de Revisão de Saúde Pública, “Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009”, SOUZA, Amanda de M; PEREIRA, Rosângela A; YOKOO, Edna M; LEVY, Renata B; SICHIERI, Renata B., 2013.

Como podemos ver na figura 17, o arroz e feijão são indispensáveis para a dieta dos brasileiros, sendo primordiais para a alimentação e saciedade da fome.

Segundo as informações do site da Embrapa em conjunto com o MAPA, feijão é o nome genérico para um grande grupo de plantas anuais da família das leguminosas, a *Fabaceae*, sub-família Faboideae, gênero *Phaseolus*, dentro desse gênero a principal espécie de feijão cultivada no Brasil é o *Phaseolus vulgaris*, feijão comum conhecido por seu nome popular “Feijão carioca”, embora esse alimento seja conhecido pelo nome comum de feijão, nem todas as plantas são da mesma espécie. Possui como característica marcante a ocorrência do fruto do tipo legume, também conhecido como vagem. Planta muito resistente a estresses hídricos e possui um ciclo curto de produção, de 50 a 90 dias. Na alimentação, o feijão é rico em nutrientes essenciais como proteínas, ferro, cálcio, vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras (TOLEDO, Taís Carolina Franqueira de, 2008).

O feijão é uma planta de fácil cultivo, na figura 18, podemos ver os estágios de desenvolvimento dessa planta e como os grãos são organizados dentro da vagem, figura 19.

Figura 16 - Estágios de desenvolvimento *Phaseolus vulgaris*, processo de germinação do feijoeiro - 1995.



Fonte: Site Casas da Ciências, traduzido e adaptado por BARBORA, Diana - 2014.

Figura 17 - Vagem do feijão - São Paulo, Brasil - 2022.



Fonte: Site Empório das Sementes, e-commerce feijão e grãos, 2022.

O feijão é um grão que pode ser cultivado a partir do próprio grão de feijão (MAPA, 2019).

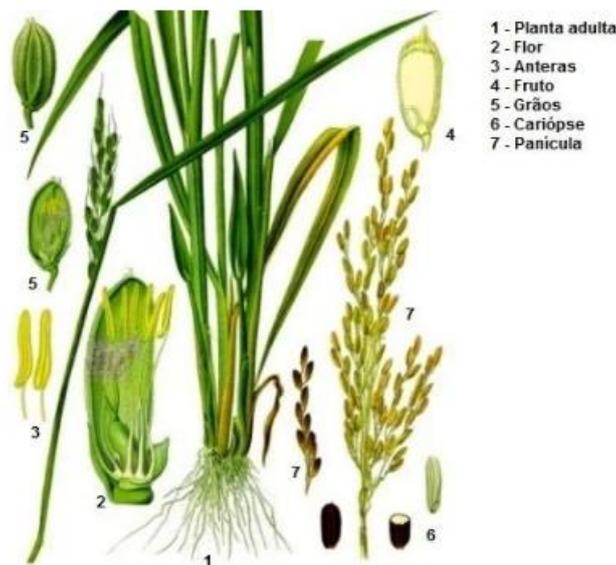
Segundo o artigo Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos, escritos por Taís Carolina Franqueira de Toledo, Solange Guidolin Canniatti-Brazaca, o feijão é a principal leguminosa fornecedora de proteínas na dieta brasileira, geralmente acompanhada pelo arroz, fazem parte da dieta diária de muitos, possuindo de 20 a 30% de proteínas dependendo do modo de preparo e cultivo.

Sobre a produção de feijão, o Brasil é o maior produtor de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) do mundo e ao considerarmos as outras variedades do feijão, o Brasil se encontra na terceira posição (Embrapa, 2020). Os Estados do Paraná, Minas Gerais e Bahia são os principais produtores, sendo responsáveis por 50% da produção nacional (ETENE, 2020). Segundo o Caderno Setorial ETENE, e divulgado pelo Banco do Nordeste, o nordeste do Brasil é a região que possui maior produção, na safra de 2020/2021, foram produzidas 788,3 mil toneladas (CONAB, 2020). Além de muito consumido pela população, o Brasil é o único produtor do feijão carioca (IBRAFE, 2019), esse cultivo não é bem aceito para exportação por sua rápida deterioração, não podendo armazená-lo por muito tempo, como é realizado com a maioria dos grãos, pois perde qualidade e, com isso, perde-se valor.

O Arroz branco, arroz agulhinha, também conhecido como arroz polido, é o tipo de arroz mais consumido no mundo, é uma planta herbácea, da classe Liliopsida (Monocotiledônea), da ordem Poales, família Poaceae e gênero *Oryza*, sendo uma gramínea de sazonalidade anual, adaptada ao ambiente aquático, podendo ser cultivada em meio aquático ou secos (Agrolink, 2020). Esta adaptação é devido à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, que possibilita a passagem de oxigênio do ar para a camada da rizosfera (Embrapa, 2020).

Sua estrutura e fisiologia vegetal variam muito, como vemos na figura 20, todas as estruturas, como a planta adulta, a flor, anteras, fruto, grãos, cariopse, panícula (Agrolink, 2022).

Figura 18 - Estruturas da planta de arroz, a planta adulta, sua flor, anteras, frutos, grãos, cariopse e panícula que se formam. - São Paulo, Brasil - 2022.



Fonte: Site AgroLink, Características do arroz, Características botânicas da planta *Oryza sativa*, escrito por NUNES, José Luis da Silva, 2022.

O arroz branco, segundo o trabalho Características Químicas e Nutricionais do Arroz, feito por Maria Margareth Veloso Naves, é constituído essencialmente de amido, sendo fonte de proteína, fibras, vitaminas do complexo B e lipídios. Mas seu valor nutritivo irá depender de diversos fatores, como as condições de cultivo (temperatura, umidade, radiação solar, natureza do solo, adubação) e com as formas de preparo do cereal para consumo. Por conta de suas características nutricionais, o consumo de arroz é muito

recomendado para dietas saudáveis e à prevenção de doenças crônicas não-infecciosas (especialmente obesidade, doenças cardiovasculares e câncer), devido ao seu papel relevante na prevenção e no controle dessas doenças (WHO, 2003). O arroz pode ser consumido diariamente sob várias formas de preparo, em pratos doces e salgados. Além do consumo do arroz na forma de grãos inteiros, os subprodutos do seu beneficiamento (arroz quebrado, farelo de arroz) apresentam grande potencial como matéria-prima na indústria de alimentos.

Sobre a produção de arroz no Brasil, é um dos mais importantes grãos em termos econômicos, fora o seu grão, o resto de sua estrutura também é utilizado para outros fins, como a palha para confecção de esteiras, cestas e calçados; também são utilizados para produzir ração animal; utilizadas para a produção de bebidas para fermentação e vinagre; na própria agricultura como fertilizantes e cobertura para plantação. O Brasil está entre os 10 principais produtores de arroz, em uma posição de destaque fora do continente Asiático, gerando muita renda para o país (Agrolink, 2020).

## 2.3 Metodologia

### 2.3.2 Análise dos métodos de cultivos e cadeia de produção de monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras

Com a implementação da agricultura vertical em conjunto com a monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais do Brasil, os números e resultados poderiam crescer muito, talvez fazer o Brasil atingir a posição número 1 no ranking mundial desses cultivos. Porém é necessário avaliar se, de fato, esses cultivos produzem menos CO<sub>2</sub> e se, realmente, são mais sustentáveis na agricultura vertical em grandes centros urbanos que na monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras. Para isso, iremos avaliar toda a cadeia produtiva e a pegada de carbono desses cultivos, avaliando os dois métodos de produção e fazendo uma comparação entre eles.

O Arroz possui dois tipos de cultivo: o cultivo realizado através dos sistemas de “arroz irrigado” (terras baixas), figura 21, levando 100 a 140 dias para completar todo o ciclo de cultivo, e “arroz sequeiro” (terras altas), figura 22, levando 110 a 155 dias para todo o ciclo de cultivo (Embrapa, 2020). No Brasil, o sistema irrigado, figura 21, predomina, com seus 79,5% da produção, esse produzido principalmente do Rio Grande do Sul, ocorre em uma lâmina d'água, em terreno inundado (Lavoura, 2021).

Figura 19 - Lavoura de arroz irrigado, Rio Grande do Sul, Brasil - 2019.



Fonte: Site Aegro, lavoura 10, “Plantio de arroz irrigado ou sequeiro: 7 dicas para produzir mais e melhor”, retirado da página irrigacao.net fotos das plantações de arroz, 2019.

Já o método de cultivo do arroz de sequeiro, figura 22, sua produção é predominantemente no norte do Brasil, geralmente utilizado para abertura de novas áreas, por conta do baixo custo, por suportar a acidez do solo e para recuperação do solo (Aegro, 2019).

Figura 20 - Lavoura de arroz sequeiro, Tocantins, Brasil - 2019.



Fonte: Site Aegro, lavoura 10, “Plantio de arroz irrigado ou sequeiro: 7 dicas para produzir mais e melhor”, 2019.

A produção de arroz pela monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras demanda, em geral, de muitas operações mecanizadas, para agilizar o processo, o que não torna o cultivo sustentável e aumenta a produção de CO<sub>2</sub> no meio

ambiente. Já no modo de produção vertical não há a utilização de máquinas pesadas e as operações são pouco mecanizadas, como também há a possibilidade de se cultivar de duas maneiras, arroz sequeiro e/ou irrigado.

O plantio de arroz pode ser por transplântio (figura 23), semente seca e pré-germinada, sem revolvimento, realizado de forma mecanizada (Aegro, 2019).

Figura 21 - Sistema de transplântio de forma mecanizada na lavoura de arroz irrigado - Brasil - 2021.



Fonte: Site Aegro, “Tudo o que você precisa saber sobre plantação de arroz”, retirado do site da Embrapa, foto de SANTOS, Alberto baêta dos, 2021.

O método de plantio direto com adubação também é realizado de forma mecanizada, figura 24.

Figura 22 - Plantio direto com adubação de forma mecanizada - Rio Grande do Sul, Brasil - 2010.



Fonte: Site IRGA - Instituto Rio Grande do Arroz, “Plantio de arroz está concluído no Rio Grande do Sul”, 2010.

O custo em plantio direto, figura 24, chega a ser 2 vezes mais barato que o convencional. Posteriormente, se inicia a irrigação e encharcamento do solo. Porém, antes dessa etapa, muitas vezes é necessário fazer o preparo do terreno, retirando ervas daninhas ou revolvendo as camadas mais superficiais do solo, o que irá facilitar o manejo pré-plantio, formação de lama e nivelamento do solo. O arroz é um cultivo que sofre muito com ervas daninhas e dessecação com o uso incorreto de herbicidas, o manejo correto entre safras é essencial para esse controle e o sucesso da safra seguinte. Porém, segundo o artigo Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil (2018), a monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras de arroz inundado está entre as principais atividades que emitem gases GEE no Brasil, conforme o Inventário Brasileiro de Emissões de GEE.

O solo e a forma como o mesmo é manejado contribui muito para o processo de emissão de GEE, o não revolvimento, o uso de plantas de cobertura e sistemas integrados que possibilitem maximizar o uso da terra, são estratégias fundamentais na busca de reduções nas emissões de GEE. O SPD e sistemas integrados de produção, como a ILP, são caracterizados por agirem como dreno de CO<sub>2</sub>, resultando na redução das emissões desse gás, desde que sejam manejados corretamente (Carvalho et al., 2009).

Na época de colheita, é utilizado o sistema mecanizado, por meio de colheitadeiras, antes desse período é necessário interromper o fornecimento de água, geralmente 10 dias após a floração, deixando toda a água secar, para que seja possível realizar a colheita, figura 25, de forma mecanizada (Engeplus, 2017).

Figura 23 - Colheita mecânica do arroz depois da terra secar - Rio Grande do Sul, Brasil - 2010.



Fonte: Site Engeplus, “Evento dá início à colheita de arroz”, 2017.

Segundo a matéria realizada pela página Exame, na usina da Urbano em Jaraguá do Sul, Santa Catarina, o caminho realizado pelo arroz começa em sua colheita, chegando nas fábricas de arroz em seu estado bruto, passando por uma limpeza e separação de impurezas, por uma máquina de peneirar, com peneiras de diversos tamanhos, que vibram em velocidades diferentes, separando assim o arroz que será comercializado de sujeiras e arroz de má qualidade. Depois passam por uma triagem e separação de grãos inteiros e partidos, de forma automatizada, a combinação entre esses dois tipos de grãos é o que vai definir o tipo de produto que chegará ao consumidor final, os grãos são polidos à água e os melhores são selecionados. Depois vão para a etapa de secagem, onde a temperatura varia entre 40 °C a 90 °C. Seguindo depois para os tambores ou silos de armazenagem, o que irá diferenciar para cada tipo de arroz, como o arroz vendido em casca, por exemplo, possui safra anual e por isso precisa ser guardado de forma especial para manter suas qualidades durante todo o ano.

Passando para a linha de embalagem, sendo empacotados em um sistema automatizado, em seguida, cada fardo é pesado e passa por um detector de metais, pacotes fora do padrão são descartados. Concluindo essa etapa, vão para o empilhamento em pallets, realizado por robôs, sendo colocados em sacos de lotes, que irão agrupar vários sacos de arroz, para serem transportados e distribuídos aos supermercados e vendas, por meio de frotas de caminhões.

A produção do feijão, dependendo da região onde é cultivado, pode ser obtido até três safras de feijão durante o ano. A safra das “águas” ou a 1ª safra, com plantio nos meses de agosto a novembro e colheita de novembro a fevereiro. Safra da “seca” ou 2ª safra, com plantio de dezembro a março e colheita de março a junho. Por último, a safra de inverno, que também pode ser conhecida por safra de 3ª época ou safra irrigada, com plantio de abril a julho e colheita de julho a outubro (Notícias Agrícolas, 2017).

O sistema de plantio direto é aquele cujas sementes e adubos são colocados diretamente no solo não revolvido, usando máquinas apropriadas. Este método, muito utilizado no sul do Brasil, necessita de menor número de mão de obra, menor hora máquina, economiza fertilizantes químicos e herbicidas, o que leva a custos de produção menores. Esse método, normalmente, ocorre sobre a palhada da cultura anterior. Após a trituração dos restos culturais, faz-se também a dessecação das plantas daninhas com a utilização de herbicidas (Embrapa, 2006).

O preparo do solo é importante antes da semeadura, em geral, em grandes terrenos, se faz uma simples aração e gradagem com grade destorroadora, figura 26, na figura temos um exemplo de máquina para preparo do solo.

Figura 24 - Máquina fazendo aração e gradagem do terreno antes do plantio - Brasil - 2022.



Fonte: Catálogo EcoAgrícola, “Plantação inovação, colhendo sucesso”, oitava edição, linhas de máquinas para preparo do solo, 2022.

Na sequência, entra com a semeadura direta, juntamente com a adubação de plantio de forma mecanizada.

No processo do campo, em grandes lavouras, a forma mecanizada predomina, porém ao se utilizar máquinas no processo do cultivo do feijão, diminui-se a necessidade de mão de obra e aumenta o rendimento, entretanto, há maior perda de grãos. Com o desenvolvimento da colhedora automotriz, houveram o surgimento de novas etapas no processo, como a aplicação de dessecantes, sua utilização irá depender do cultivar escolhido, cultivares com vagem próximas ao solo ficam fora do alcance das lâminas de corte da máquina, o que inviabiliza sua utilização. Outro fator a ser considerado, é a maturação do feijoeiro, se for desuniforme, também não compensa sua utilização, pois a máquina irá colher todas as vagens, independentemente de sua fase de maturação.

No Brasil, em virtude dos problemas inerentes à cultura e inexistência de uma ampla linha de produtos específicos e adequados para a cultura do feijão, bem como em muitos casos da inviabilidade do uso de colhedoras convencionais (SILVA & SILVA, 1988) e (SILVEIRA, 2004) que a colheita dessa leguminosa tem sido realizada predominantemente de maneira indireta, com mecanização nas operações de recolhimento e trilha, sendo esta operação realizada por uma máquina denominada recolhedora-trilhadora.

O preparo do solo também influencia na utilização ou não de máquinas, a ocorrência de irregularidades no solo pode inviabilizar sua utilização. Já sistemas de plantio semi-

mecanizados podem ser uma opção dependendo do processo e cultivo escolhido, pois o arranquio da planta é feito manualmente.

Após a dessecação pré-colheita, figura 27, é realizada a colheita de fato, essa etapa é precisa para alcançar a uniformidade dos grãos, também é uma garantia de que o produtor conseguirá preparar as plantas e otimizar a retirada dos grãos, atingindo a uniformidade e o peso necessários dos feijões para obter o melhor preço e ainda livrar a área das plantas daninhas que podem surgir e prejudicar a cultura seguinte (Notícias Agrícolas, 2019).

Figura 25 - Dessecação pré-colheito do arroz - Brasil - 2019.



Fonte: Site Notícia Agrícolas, “Dessecação pré-colheita melhora até o plantio seguinte”, 2019.

Durante muitos anos, a colheita de feijão era realizada manualmente, figura 29, o IAPAR desenvolveu variedades de feijão que crescessem de forma mais ereta, com isso, sendo possível a utilização de uma colheitadeira, figura 28, o que facilitou, tanto para os médios, como para os grandes produtores, na hora da colheita, dando rapidez, redução de custos e a não dependência de mãos de obra nesse processo (IAPAR, 2019).

Figura 26 - Colheita mecanizada do feijão feita pela colheitadeira - Brasil - 2019.



Fonte: Site Campo & Negócios, “Colheita mecanizada de feijão depende de plantio correto”, LOLLATO, Marco Antonio, 2014.

Figura 27 - Colheita de feijão manual - Brasil - 2011.



Fonte: Site Embrapa, Imagem bank, Colheita de feijão, PORPINO, Gustavo, 2011.

Na colheita do feijão de forma manual, as plantas são arrancadas no momento certo, deve ser realizado com cerca de dois terços das vagens totalmente maduras, com teor médio de umidade no grão por volta de 18%. Para evitar grande deiscência das vagens, deve-se arrancá-las preferencialmente pela manhã e colocá-las no campo, em montes ou "bandeiras", para que, ao final de um ou dois dias, sejam transportadas para terreiro, onde irão completar a secagem ao sol e serem submetidas à bateção, ou trilha, com varas flexíveis. Após a separação da palhada, o feijão é finalmente abanado em peneiras manuais. Nesse sistema devem ser utilizados terreiros de alvenaria ou realizar a bateção

sobre encerado ou lona plástica, para evitar que o grão adquira coloração indesejável no mercado (LOLLATO, Marco Antonio, 2014).

No sistema semimecanizado o arranquio e o ajuntamento são feitos manualmente, e a trilha, mecanicamente. O arranquio é feito de maneira igual ao sistema manual e, dependendo do tipo de trilha, o ajuntamento pode se dar em montes, ou bandeiras, ou em leiras. As bandeiras são utilizadas quando o material, depois de colhido e ser secado em terreiro, é transportado para ser trilhado com trilhadora estacionária ou batedora de grãos. As bandeiras também são utilizadas quando se vai realizar a bateção no campo com a batedora de grãos, a qual, nesse caso, é acoplada à tomada de força do trator e vai de bandeira em bandeira realizando a trilha das plantas secas sobre encerado ou lona plástica, para evitar perdas. O ajuntamento é feito em leiras quando se utiliza uma recolhedor-trilhadora - máquina tracionada por trator que passa sobre as leiras, recolhendo e trilhando as plantas.

No sistema de colheita do feijão mecanizada, em que todas as operações são realizadas com máquinas. Esse tipo de colheita pode ser realizado com duas máquinas, arrancadora-enleiradora ou ceifadora e colhedora-trilhadora, ou com uma única máquina, automotriz ou combinada. Com o aumento do grau de mecanização, o início das operações de colheita deve ser antecipado, e as exigências com relação à uniformidade da lavoura são maiores, já que as perdas podem ainda ser elevadas.

Independentemente do sistema de colheita adotado, a umidade do grão de feijão colhido deve ser uniformizada próxima a 13% - índice de umidade requerido para comercialização ou mesmo para armazenamento temporário, por impedir ou retardar o desenvolvimento de fungos e de carunchos.

A complementação da secagem, se necessária, poderá ser feita naturalmente, à sombra ou ao sol. Nesse último caso, para se evitar o escurecimento do grão - uma das principais causas de deságio do produto - deve-se fazer o revolvimento constante dos grãos de feijão. O emprego de secadores é também viável, desde que as temperaturas não ultrapassem 38 °C.

Antes de ser destinado ao mercado ou ao armazém, o feijão deve ser submetido ao expurgo com fosfina (fosfeto de alumínio), para controle do caruncho, à base de três pastilhas para cada 15 sacos do produto. Logo após o material a ser expurgado deve ser

coberto com lona impermeável e, após 120 horas da distribuição das pastilhas, ser lentamente descoberto. Após o tratamento, o feijão pode ser prontamente utilizado, pois o produto não deixa qualquer tipo de resíduo.

O local de armazenamento do feijão deve ser seco, ventilado e completamente limpo, livre de quaisquer resíduos de outras safras, mesmo que de outras culturas. Não podendo ficar muito tempo armazenado, pois estragam rapidamente, dentre as culturas de grãos. A sacaria não deve ficar em contato direto com o piso, e as janelas, portas e outras aberturas devem ser protegidas com telas. Depois de acomodada no local definitivo, a sacaria pode receber polvilhamento externo com inseticida de ação protetora, como produtos à base de deltametrina.

Após essa fase, são colocados em sacos de lotes, que irão agrupar vários sacos de feijões juntos, para serem transportados e distribuídos aos supermercados e vendas, por meio de frotas de caminhões.

### 2.3.3 Análise dos métodos de cultivo e cadeia de produção verticalizada em grandes centros urbanos

A produção e cultivo de arroz verticalizado em ambientes semi-controlados, podem ser feitos tanto de maneira sequeira, como irrigada, isso irá depender do local disponível para o cultivo e disponibilidade de água, sendo a segunda questão facilmente solucionada com a coleta e armazenamento de água pluvial e por conta de se encontrar em um ambiente semi-controlado, manter o cultivo irrigado constantemente é possível. Para fins de análise, será adotado o modo de cultivo irrigado, mesmo método utilizado no grupo Pasona, figura 30 e 31, Japão.

Figura 28 - Cultivo de arroz irrigado em ambiente semi-controlado - Grupo Pasona - Japão - 2011.



Fonte: Site Archilovers, Grupo Pasona, Tokyo, Japão, VIGNELLI, Luca, 2011.

Figura 29 - Cultivo de arroz irrigado em ambiente semi-controlado - Grupo Pasona - Japão - 2011.



Fonte: Site Archilovers, Grupo Pasona, Tokyo, Japão, VIGNELLI, Luca, 2011.

Na agricultura vertical de arroz, a maioria das etapas do processo produtivo se tornam manuais, o espaço disponível é restrito e verticalizado, o que não possibilita o uso de máquinas pesadas para a realização das tarefas, fazendo com que as etapas sejam manuais, como isso, o plantio direto e/ou semeadura e o cultivo tornam algumas etapas um pouco mais trabalhosas e demoradas. No caso do grupo Pasona, todas as etapas são manuais,

como é visto na figura 32, em que funcionários do grupo Pasona colhem o arroz de forma manual.

Figura 30 - Colheita manual de arroz no sistema semi-controlado - Grupo Pasona - Japão - 2011.



Fonte: Site A Lavoura, “Agricultura Vertical”, Tóquio, Japão, Grupo Pasona, 2016.

A fonte de luz utilizada é semi-artificial, parte vem de luzes de LED instaladas no prédio, e outra parte vem das grandes janelas dos saguões onde estão localizados os cultivos, porém isso pode ser adaptado, conforme o edifício e disponibilidade de espaço, dispondo o cultivo para mais perto das janelas e com isso sendo menos dependentes da luz artificial. No caso do grupo Pasona, esses cultivos utilizam a luz LED durante o expediente comercial do prédio, não precisando que estas fiquem ligadas por mais tempo.

A irrigação dos cultivos ocorre de maneira pulverizada e por meio de encanamentos próprios para irrigação artificial. A temperatura é controlada por meio do ar condicionado do edifício, mantendo sempre a mesma temperatura ótima de cultivo.

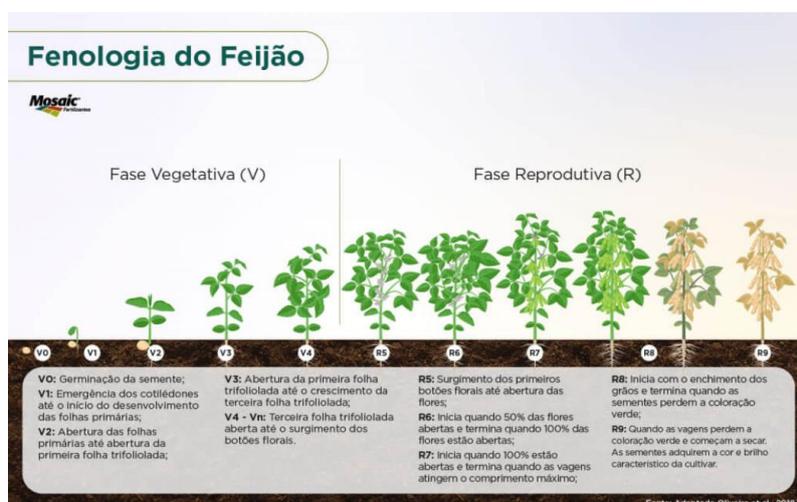
O feijão também há diferentes métodos de cultivos, diretamente influenciado com a disponibilidade de água da região e época a ser cultivado, o que em ambientes fechados e semi-controlados, isso não será algo determinante. No caso, para fins de análise, será baseado na safra das “águas” ou a 1ª safra, com plantio nos meses de agosto a novembro, que são meses mais chuvosos, quando se há maior disponibilidade hídrica.

O cultivo do feijão em sua maioria é realizado de maneira manual, por conta de sua estrutura e tamanho. No caso do cultivo em agricultura verticalizada, todas as etapas passariam a ser manuais, tanto de semeadura, plantio, colheita e secagem. Em cultivos semi-controlados, as partes geralmente automatizadas são irrigação e sistema de temperatura, somente a fonte de luz que pode ser mista, parte da fonte ser de luz artificial e outra parte fonte de luz natural.

Em sistemas semi-controlados, independentemente do cultivo, é possível manter o pH do solo, fonte de luz, temperatura e umidade controlados, deixando no ponto ideal para um bom cultivo e se ter uma boa safra. No caso do cultivo orgânico do feijoeiro, em situações ideais, o solo deve apresentar pH entre 6,5 e 7, com boa taxa de fertilidade, com os nutrientes em equilíbrio, como nitrogênio, fósforo e potássio. Além disso, é preciso que haja boa drenagem da água, promovendo à raiz um solo ligeiramente úmido, mas não encharcado, em temperaturas entre 18 a 25°C. Já para o arroz, em cultivo ideal, às condições seria com solo permanentemente úmido, pH entre 5,7 a 6,2, temperatura 32°C, por ser uma planta que cresce mais em dias mais longos, necessita de bastante luminosidade.

A disposição da agricultura vertical dos dois cultivos irá depender da estrutura disponível, espaço e orçamento para o projeto, podendo ser disposto conforme o tamanho final do cultivo. No caso do feijoeiro, geralmente, alcançando tamanho entre 45 a 55 centímetros, na imagem 33 seguir podemos ver toda a fenologia do feijoeiro.

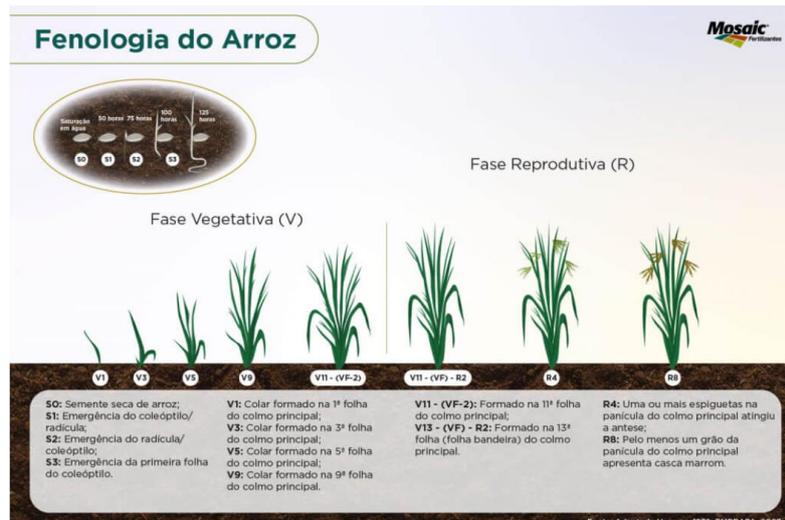
Figura 31 - Esquema ilustrado da fenologia do feijão - Brasil - 2018.



Fonte: Site Nutrição de Safras, "Fenologia - Estágios Fenológicos", Redação por Mosaic Fertilizantes, 2021.

Já a planta de arroz pode chegar até 1 metro de altura. Podemos ver toda a fenologia do arroz na imagem 34.

Figura 32 - Esquema ilustrado da fenologia do feijão - Brasil - 2007.



Fonte: Site Nutrição de Safras, "Fenologia - Estágios Fenológicos", Redação por Mosaic Fertilizantes, 2021.

Suas disposições poderiam ser em prateleiras, figura 35, ou em paredão de forma verticalizada em 45 graus, figura 36.

Figura 33 - Disposição verticalizada em prateleiras de cultivo de hortaliças - Canadá - 2018.



Fonte: Site VertiCrop, Vertical Farming, Vancouver, Canadá, 2018.

Figura 34 - Disposição verticalizada em paredões a 45 graus de inclinação - Austrália - 2017.



Fonte: Site Home Beautiful, HABIB, Armelle, 2017.

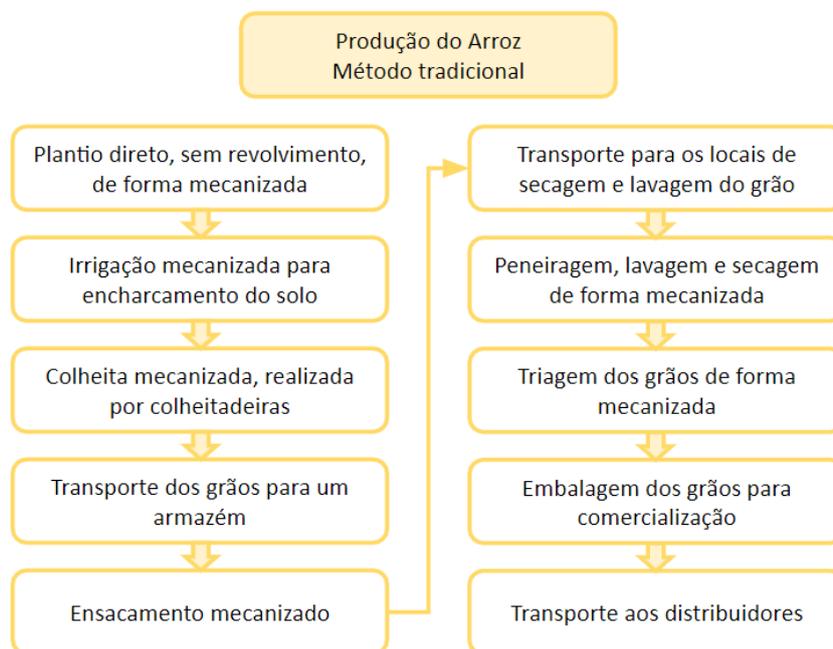
Sendo as formas de disposição mais comuns de serem escolhidas, por sua facilidade de montagem e orçamento, em sistemas verticais.

O sistema de distribuição será local, portanto não dependendo de caminhões e sistemas de empacotamento industrial mecanizado.

### 2.3.4 Estimativa de Pegada de Carbono

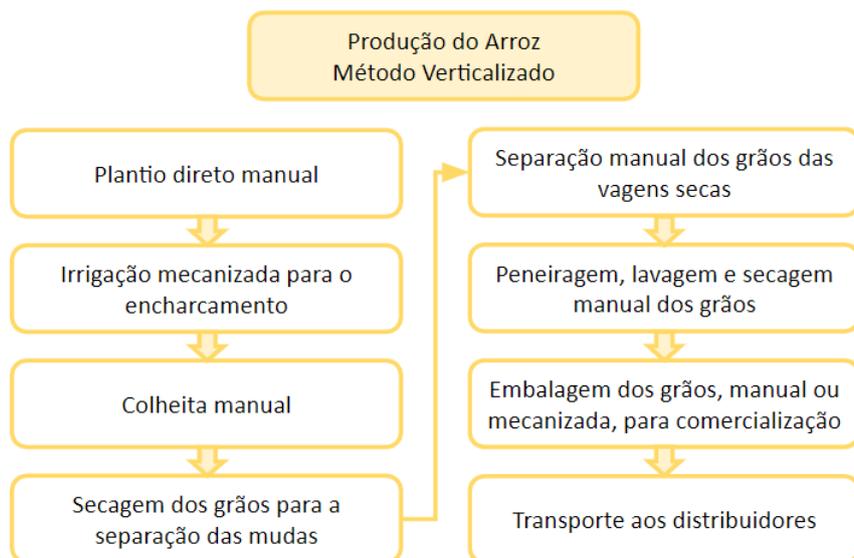
Para realizar a estimativa de pegada de carbono nos dois processos de produção, tanto para o arroz e o feijão, produzidos verticalmente e no campo, serão considerados os ciclos produtivos nos esquemas a seguir, figuras 37, 38, 39 e 40 (os fluxogramas realizados foram feitos com base nas informações dos itens 2.3.2 e 2.3.3 do presente estudo).

Figura 35 - Fluxograma da produção do arroz, método de monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras - Brasil - 2022.



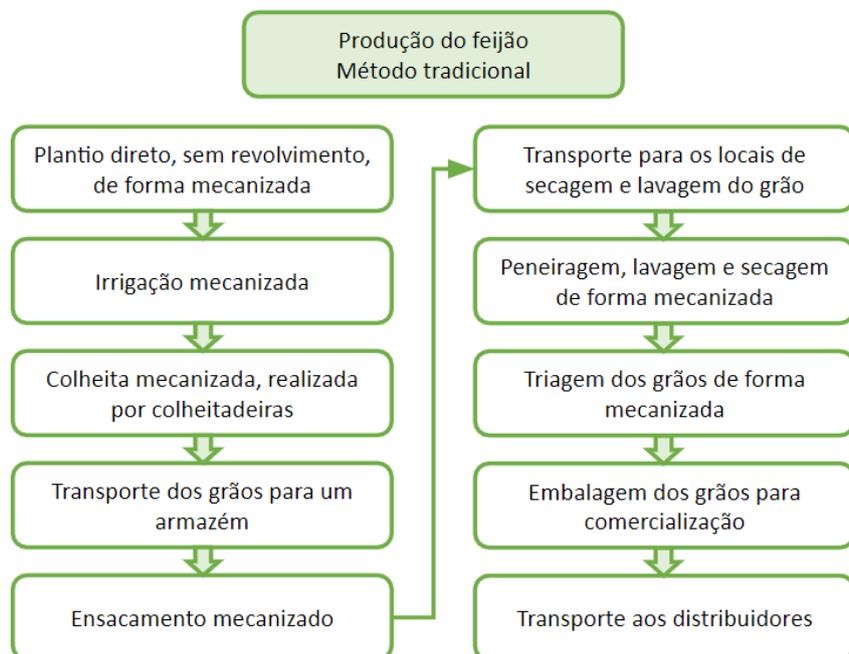
Fonte: Criado pela autora do presente projeto, ALVAREZ, Laura Sampaio, 2022.

Figura 36 - Fluxograma da produção do arroz, método verticalizado - Brasil - 2022.



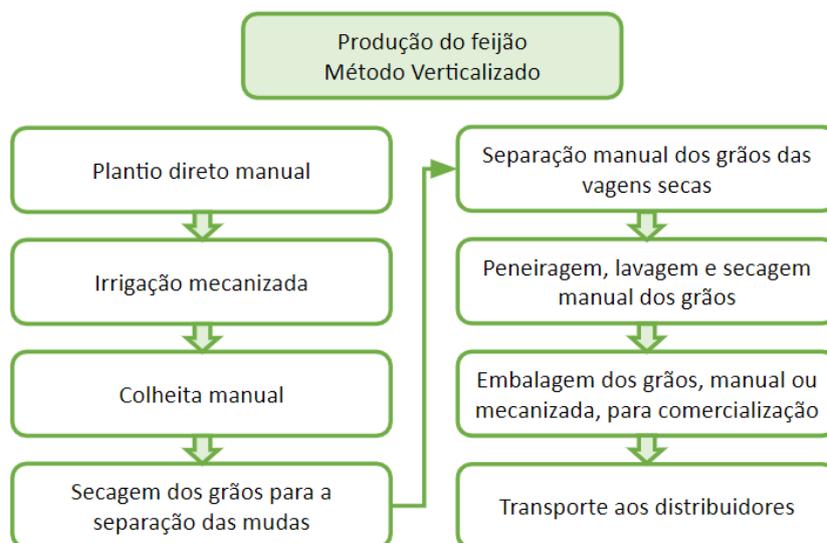
Fonte: Criado pela autora do presente projeto, ALVAREZ, Laura Sampaio, 2022.

Figura 37 - Fluxograma da produção do feijão, método monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras - Brasil - 2022.



Fonte: Criado pela autora do presente projeto, ALVAREZ, Laura Sampaio, 2022.

Figura 38 - Fluxograma da produção do feijão, método verticalizado - Brasil - 2022.



Fonte: Criado pela autora do presente projeto, ALVAREZ, Laura Sampaio, 2022.

Com base nos fluxogramas, figuras 37, 38, 39 e 40, foram calculados os valores gastos de energia elétrica utilizando os cálculos de consumo, segundo o site Eficiência Máxima - Soluções em Economia de Energia, temos que considerar a seguinte equação:

Consumo energético (kWh/período) = (Potência do aparelho em Watts x horas de funcionamento por período)/ 1.000.

A fonte dessa energia e como é gerada também é um fator que poderia intensificar a emissão de gases de efeito estufa no ambiente, mas não entraremos em detalhes da emissão pela geração, para não perder o foco principal do trabalho que é na emissão de CO<sub>2</sub> para os processos de produção do arroz e feijão no sistema vertical e monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras. Como também não entraremos em detalhes da emissão de CO<sub>2</sub> para a produção dos materiais e das máquinas utilizadas e envolvidas nos processos.

Considerando que o cultivo em sistemas semi-controlados se utiliza de fontes de luz híbridas, sendo parte artificial e parte de fonte natural (sol), é necessário se calcular o gasto com energia e a emissão de CO<sub>2</sub> para o ambiente. Para isso foi utilizada a calculadora do site SOS Mata Atlântica (Fonte: Site SOS Mata Atlântica - <https://www.sosma.org.br/calculador-emissao-de-co2/>, acesso: 05/03/2022).

Geralmente, em cultivos indoor e semi-controlados o tipo de lâmpada mais utilizada é a luz de LED. Existem outros modelos de luzes LED criados especificamente para esse tipo de aplicação, mas nesse caso, não entraremos em detalhes de marcas específicas. Será considerado o consumo de uma lâmpada LED básica, encontrada para consumo pessoal em mercados, comércio e lojas de materiais para construção.

Segundo a Revista News e o Coordenador de Engenharia da Golden, cada lâmpada de LED, geralmente, tem um gasto de 10 W. Considerando o uso durante 12 hs por dia, temos 120 W por dia, essa informação será utilizada para os cálculos nos resultados.

Deve-se considerar ainda que dentro do processo produtivo de monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras do feijão e do arroz há processos que não são realizados no mesmo local onde são cultivados, podendo ser transportados para locais bem distantes para serem realizadas essas outras etapas, como os processos de peneiragem, lavagem, secagem, armazenagem e embalagem. Porém, para realizar os cálculos nos resultados será considerado que todos esses processos foram realizados por uma mesma empresa e que os distribuidores sejam da mesma região, limitando o distanciamento a menos de 10km para cada local. Temos então as seguintes etapas em que são transportados os grãos:

- Transporte dos grãos para um armazém;
- Transporte dos grãos para a etapa de peneiragem, lavagem, secagem, armazenagem e embalagem;
- Transporte aos distribuidores.

Levando em conta que são em média 10 km por trajeto, temos 30 km rodados para cada safra. Considerando somente uma safra, temos 30 km rodados com caminhões para transporte entre os locais no processo de produção da monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras. Para os cultivos da produção vertical em grandes centros urbanos não há o transporte para outras etapas do processo. Na etapa de transporte para os distribuidores, dada a característica de produção local, foram considerados somente 10 km gastos em transporte de caminhão.

No processo produtivo da monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras de arroz e feijão, boa parte é realizada com máquinas, o plantio, irrigação, colheita, ensacamento, peneiragem, lavagem, secagem, triagem e embalagem, mas no

sistema verticalizado em grandes centros urbanos não, todas as etapas são manuais. Muitos trabalhos científicos, focados no processo produtivo, abordam os gastos energéticos de certos cultivos de interesse, levando em consideração todas essas etapas produtivas. É possível achar para os cultivos no campo, realizados em território brasileiro, das culturas de arroz (Presotto e Martinelli, 2019) e feijão (Machado, 2016).

Para o sistema de produção verticalizado em grandes centros urbanos o consumo médio de energia gasta no processo, tirando o uso de luzes LED, não será contabilizado, pois levando em consideração que todas as atividades são manuais e não mecanizadas como na monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, a energia elétrica para os locais de trabalho é a mesma utilizada para o funcionamento do edifício instalado a agricultura vertical, foco do projeto em locais ociosos, com isso não havendo mudanças no uso de energia elétrica, não havendo alteração no tamanho do local, como também, não havendo alterações no tempo de utilização pelos funcionários do local em suas cargas horárias de trabalho, muito menos o tipo de lâmpadas utilizadas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Considerando os cálculos para a energia gasta em Watts pelas luzes de LED, numa estimativa de 120 W por dia, convertendo para kWh temos 0,12 kWh por dia, sendo utilizada uma lâmpada a cada m<sup>2</sup> da agricultura vertical. Esse gasto de energia elétrica com iluminação em conjunto com a luz solar para o crescimento das plantas não é necessário na monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, uma vez que essa utiliza somente a luz natural do sol. Levando em conta que são 140 dias e 90 dias para cada safra, para o cultivo de arroz e feijão, sendo o máximo de duração de uma safra de cada cultivo, temos 16,8 kWh e 10,8 kWh de gastos de energia com luz artificial, para cada safra, respectivamente. Assim a emissão de CO<sub>2</sub> nessa etapa é de, aproximadamente, 0,20 Kg CO<sub>2</sub> e 0,11 Kg CO<sub>2</sub>, respectivamente.

A estimativa de emissão para transporte por caminhões para as safras de arroz e feijão, utilizando os cálculos de emissão de CO<sub>2</sub> anteriormente abordados, é de aproximadamente 770 g/km de CO<sub>2</sub> (ÁLVARES, Olimpio & LINKE Renato), com isso, temos: 23 000 g de CO<sub>2</sub> para safras pela produção monocultura intensiva (Agrobusiness)

em zonas rurais brasileiras e 7.700 g de CO<sub>2</sub> para a produção vertical. Convertendo isso a kg de CO<sub>2</sub>, temos: 23 Kg de CO<sub>2</sub> e 7,7 kg de CO<sub>2</sub>, respectivamente.

A estimativa de consumo médio de energia no campo para cultivo de feijão e arroz pela monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras por hectare é de 27.543,15 MJ/ha (Presotto e Martinelli, 2019) e 25.518,4 MJ/ha (Machado, 2016), respectivamente. Considerando todo o processo produtivo, menos o transporte. Convertendo os valores para kWh, utilizando os valores de 1 MJ = 0.2778 kWh para a conversão, temos: 7650,88 kWh/ha e 7088,44 kWh/ha. Para cada etapa do ciclo produtivo há um cálculo diferente a ser realizado da emissão de CO<sub>2</sub>. Em sistemas de cultivos tradicionais, o mais comum é se basear em hectares. Já na agricultura vertical se toma como base o metro cúbico ou metro quadrado. Para fins de padronização, será levado em consideração o metro quadrado, portanto será realizada a conversão de valores de hectares para metro quadrado (1 ha = 10 000 m<sup>2</sup>). Com isso o consumo médio de energia gasta do processo de produção do arroz e do feijão é de 0,76 kWh/m<sup>2</sup> e 0,71 kWh/m<sup>2</sup>, respectivamente. Assim, se estima uma emissão de aproximadamente 0,056 Kg CO<sub>2</sub> e 0,050 Kg CO<sub>2</sub>, respectivamente.

A partir desses cálculos, é possível montar a seguinte equação, para se obter o resultado final da emissão de CO<sub>2</sub> para a produção de arroz pelo cultivo de monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras:

1. Emissão de CO<sub>2</sub> Produção de arroz pela monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras = Luzes LED + Transportes com caminhão + Consumo médio de energia no processo produtivo
2. Emissão de CO<sub>2</sub> Produção de arroz pela monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras = 0 + 23 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> + 0,056 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
3. Emissão de CO<sub>2</sub> Produção de arroz pela monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras = 23,056 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

Realizando esse mesmo cálculo para a produção de arroz produzido pelo processo de produção verticalizado em grandes centros urbanos, do feijão produzido pelo processo de produção da monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras e do feijão produzido pelo processo de produção verticalizado em grandes centros urbanos. Na tabela

1, temos o resumo dos resultados obtidos com base nos métodos e parâmetros definidos anteriormente.

Tabela 1 - Emissão de CO2 (Pegada de Carbono) - Kg CO2 por m<sup>2</sup> - Brasil - 2022.

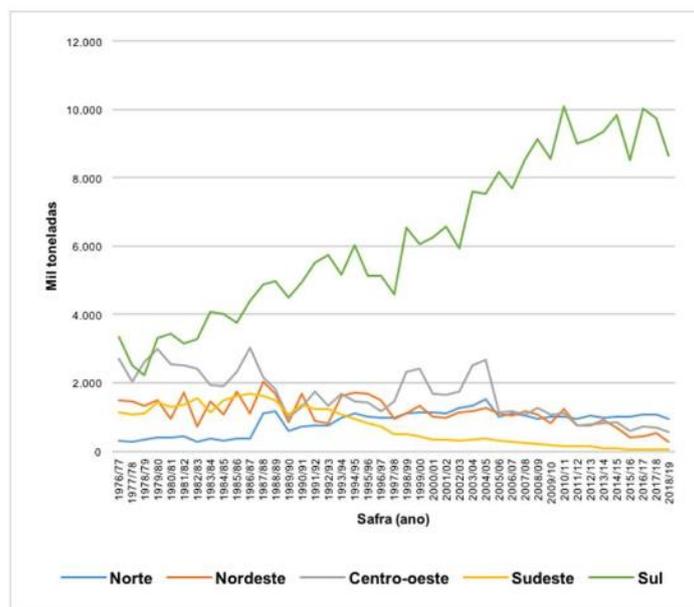
Emissão de CO2 (Pegada de Carbono) (kg CO2/m <sup>2</sup> )				
	Arroz		Feijão	
	Processo de produção Verticalizado em grandes centros urbanos	Processo de produção tradicional no campo	Processo de produção Verticalizado em grandes centros urbanos	Processo de produção tradicional no campo
Luzes LED	0,2	-	0,11	-
Transportes com caminhão a diesel	7,7	23	7,7	23
Consumo médio de energia no processo produtivo	-	0,056	-	0,05
<b>Total</b>	<b>7,9</b>	<b>23,056</b>	<b>7,81</b>	<b>23,05</b>

Fonte: Criado pela autora do presente projeto, ALVAREZ, Laura Sampaio, 2022.

Analisando os dados obtidos dos cálculos de estimativas de emissão de CO2 para cada método de cultivo, é possível ver que o que mais impacta na emissão é a utilização de transportes com caminhão a diesel. Aumentando o valor da emissão de CO2 para os processos de produção na monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras é quase 3 vezes maior que o valor de emissão dos processos de produção verticalizado em grandes centros urbanos. Nos cálculos foram considerados que todos os processos teriam sido realizados dentro do raio de 10 kms de distância, o que, na prática, o processo de produção de arroz e feijão no campo ocorre a distâncias bem maiores do que 10 km em cada etapa, em sua maioria. Assim, temos ainda uma estimativa conservadora para os grãos transportados, o que pode incluir até mesmo o transporte de um estado a outro do Brasil.

Segundo a CONAB (2020), a produção nacional de arroz por região no Brasil tem se modificado bastante (Figura 41). A região sul tem intensificado a cada ano sua produção. Se colocarmos os cálculos de gastos em diesel para transporte do Sul a outros estados do Brasil, a emissão de CO2 aumenta significativamente, o que torna a produção no campo ambientalmente desvantajosa em comparação a produção verticalizada em grandes centros urbanos. Associado a isso, temos ainda os gastos financeiros com o transporte, que eleva os custos para esse tipo de produção.

Figura 39 - Gráfico de Quantidade Produzida (Mil toneladas) x Safra (ano), por região do Brasil - Brasil - 2022.



Fonte: Site OJS, Estudo Agrarian; “Estudo da produção de arroz brasileira e o papel do estado Mato Grosso do Sul”; SATO, Leandro Kenji; REIS, João Gilberto Mendes dos; UFGD e UNIP, 2020.

Porém, dentre as diferenças encontradas entre os dois tipos de agricultura, a distância entre o local de produção da agricultura vertical em grandes centros urbanos e o consumidor é mínima. Ou seja, onde se produz, se consome, eliminando quase todas as etapas de transporte. Também a utilização de sistemas automatizados pela monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras traz muita diferença em comparação com a agricultura vertical indoor, pois essa ainda não se utiliza de equipamentos automatizados em seu processo, sendo, em sua maioria, manuais. Mas o custo da mão de obra especializada também é um fator que não está sendo considerada, o que poderia ser um fator importante na questão de custos do produto final, muitas vezes fazendo com que a produção de grãos em grandes centros urbanos não seja tão viável, mas para mudas e cultivos mais seletivos poderia ser um bom método.

Um outro ponto que temos que levar em consideração é que não está sendo levado em conta a produção em termos quantitativos, pois há grande diferença entre a produção da monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras do arroz e feijão e o cultivo verticalizado em regime semi-controlado. Somente com um modelo protótipo

seria possível comparar a eficiência entre os dois modelos e até o momento não foram encontradas pesquisas mais aprofundadas de produção verticalizada indoor de grãos, em grandes centros urbanos, no Brasil.

## **CONCLUSÃO**

O processo de produção verticalizado é uma ótima alternativa e está dentre as mais promissoras opções de cultivos sustentáveis, possui menor emissão de CO<sub>2</sub> em comparação com a produção pela monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, visa economia de espaço, menores gastos com: produção, distribuição, defensivos agrícolas, água, terras e diminuição dos desmatamentos. Com o início de sua implementação no Brasil, irá se desenvolver novas tecnologias voltadas a esse tipo de cultivo, surgindo métodos de automação, melhoramentos, aumento da eficiência por metro quadrado e desenvolvimento de novos parâmetros para um sistema cada vez mais sustentável. Além disso, a menor emissão de CO<sub>2</sub> ao ambiente pode tornar esse método mais interessante para o território nacional a médio e longo prazo.

Embora ainda não se pode depender totalmente das produções sustentáveis de alimentos e insumos, como também de cultivos da agricultura verticalizada indoor, ficamos ainda dependentes da monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras para suprir a grande demanda de alimento para a população e exportação. A princípio, o sistema verticalizado pode ser considerado um método complementar ao sistema de monocultura intensiva (Agrobusiness) em zonas rurais brasileiras, ainda não sendo possível considerá-lo um modelo substituto, mas com grandes investimentos na área e desenvolvimento de novas tecnologias, a agricultura vertical em grandes centros urbanos pode se desenvolver muito. Porém para que pesquisas na área de agricultura alternativa e mais sustentável sejam possíveis, devem ser encorajadas pelo Poder Público. Embora a agricultura vertical seja um método idealizado e desenvolvido há muitos anos, ainda é considerado um método recente, que precisa de incentivos e aplicações para seu maior desenvolvimento.

Planos eficazes para a diminuição de emissão de CO<sub>2</sub> devem ser implementados nos próximos anos no Brasil. A pressão da política e da mídia dentre os países irá aumentar, o Brasil deve se preparar e começar a desenvolver alternativas para se adequar às novas

políticas de meio ambiente e aos planos de diminuição de emissão de GEE, com isso, a agricultura vertical em grandes centros urbanos é uma estratégia muito promissora.

## BIBLIOGRAFIA

AeroFarms. **AEROFARMS**. Estados Unidos da América. Disponível em: <<https://www.aerofarms.com>>. Acesso em: 15/11/2021.

A Lavoura. **Agricultura vertical**. Brasil. 29/12/2016. Disponível em: <<https://alavoura.com.br/meio-ambiente/sustentabilidade/agricultura-vertical>>. Acesso em: 28/02/2022.

ADAMS, Paul. The Counter. **What will it really take for vertical farms to succeed?**. Brasil. 24/10/2017. Disponível em: <<https://thecounter.org/vertical-farms-scale-profit/>>. Acesso em: 22/02/2022.

Agência Senado. Senado Notícias. Senado Federal. **Protocolo de Kyoto**. Brasil. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/protocolo-de-kyoto#:~:text=Acordo%20ambiental%20fechado%20durante%20a,de%20foto%20estufa%20na%20atmosfera>>. Acesso em: 12/12/2021.

AGRADA SEMENTES. **FEIJÃO CARIOCA MILENIO**. Ribeirão Preto - SP. Disponível em: <<https://www.agranda.com.br/produto/feijao-carioca-milenio/>>. Acesso em: 20/02/2022.

ÁLVAREZ, Olimpio de Melo Jr; LINKE, Renato Ricardo Antonio. **METODOLOGIA SIMPLIFICADA DE CÁLCULO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA DE FROTAS DE VEÍCULOS NO BRASIL**. Brasil. Disponível em: <[https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/gases\\_efeito\\_estufa.pdf](https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/gases_efeito_estufa.pdf)>. Acesso em: 12/11/2021.

ANDRADE, Messias José Bastos de. **Embrapa Arroz e Feijão**. Sistemas de Produção, No.6. ISSN 1679-8869 Versão eletrônica. Colheita e Pós-colheita. Brasília - DF.

Dez/2015. Disponível em:  
<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_sisal/arvore/CONT000fckm577202wx5eo0a2ndxy5oh7h4q.html#:~:text=Ap%C3%B3s%20o%20tratamento%2C%20o%20feij%C3%A3o,deixa%20qualquer%20tipo%20de%20res%C3%ADduo.&text=O%20local%20de%20armazenamento%20do,mesmo%20que%20de%20outras%20culturas](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckm577202wx5eo0a2ndxy5oh7h4q.html#:~:text=Ap%C3%B3s%20o%20tratamento%2C%20o%20feij%C3%A3o,deixa%20qualquer%20tipo%20de%20res%C3%ADduo.&text=O%20local%20de%20armazenamento%20do,mesmo%20que%20de%20outras%20culturas)>. Acesso em: 01/03/2022.

Banco do Nordeste. Caderno Setorial ETENE. **Produção de grãos - Feijão**. Brasil. 03/07/2020. Disponível em: <[https://www.bnb.gov.br/agronegocio/agroinforma/-/asset\\_publisher/qg5dL6xAGfoP/content/producao-de-graos-feijao-milho-e-soja/3760965?inheritRedirect=false](https://www.bnb.gov.br/agronegocio/agroinforma/-/asset_publisher/qg5dL6xAGfoP/content/producao-de-graos-feijao-milho-e-soja/3760965?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 25/01/2022.

BRAZ, Sofia Negri; SILVA, Luiz Henrique Vieira da. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. **Pegada de Carbono: uma análise bibliométrica**. Campinas - SP. Publicado em: 06/01/2021. v. 9 n. 17 (2020). Disponível em:  
<<https://www.cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/1542>>. Acesso em: 12/12/2021.

Canal Agro. **Fome no campo é agravada apesar de produção recorde**. Brasil. 15/07/2021. Disponível em: <<https://summitagro.estadao.com.br/saude-no-campo/fome-no-campo-e-agravada-apesar-de-producao-recorde/#:~:text=Mesmo%20sendo%20o%20segundo%20maior,agosto%20e%20dezembro%20de%202020>>. Acesso em: 05/11/2021.

CARMO, Heliton Fernandes do; MADARI, Beáta Emöke; WANDER, Alcido Elenor; MOREIRA, Flavia Rabelo Barbosa; GONZAGA, Augusto Cesar de Oliveira; SILVEIRA, Pedro Marques da; SILVA, Aluisio Goulart; SILVA, José Geraldo da; MACHADO, Pedro Luiz Oliveira de Almeida. Scielo Brasil. **Balanco energético e pegada de carbono nos sistemas de produção integrada e convencional de feijão-comum irrigado**. Brasil. 09/09/2016. Disponível em:  
<[https://www.scielo.br/j/pab/a/WHvcP54mVYC8sDZDJgbd5Pq/?lang=pt#:~:text=A%20energia%20total%20utilizada%20por,\(Tabelas%203%20e%204\)](https://www.scielo.br/j/pab/a/WHvcP54mVYC8sDZDJgbd5Pq/?lang=pt#:~:text=A%20energia%20total%20utilizada%20por,(Tabelas%203%20e%204))>. Acesso em: 21/02/2022.

Casa Vogue. **Uma fazenda no meio da cidade**. Brasil. 05/12/2013. Disponível em: <<https://casavogue.globo.com/Arquitetura/noticia/2013/02/uma-fazenda-no-meio-da-cidade.html>>. Acesso em: 22/01/2022.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Piracicaba - SP. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 10/02/2022.

COÊLHO, Jackson Dantas; XIMENES, Luciano Feijão. Caderno Setorial - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE. Banco do Nordeste. **FEIJÃO: PRODUÇÃO E MERCADO**. Ano 5. n143. Brasil. Dez/2020. Disponível em: <[https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/429/1/2020\\_CDS\\_143.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/429/1/2020_CDS_143.pdf)>. Acesso em: 25/01/2022.

D`ANGELO, Fernanda. CASA Vogue. **Plantações no topo de arranha-céus**. Brasil. 13/03/2014. Disponível em: <<https://casavogue.globo.com/Arquitetura/Paisagismo/noticia/2014/03/plantacoes-no-topo-de-arranha-ceus.html>>. Acesso em: 10/12/2021.

DESJARDINS, Jeff. **Visual Capitalist. How Vertical Farming Works**. 04/07/2016. Disponível em: <<https://www.visualcapitalist.com/how-vertical-farming-works/>>. Acesso em: 10/12/2021.

Ecoagrícola. **EcoAgrícola: Plantando inovação, colhendo sucesso**. Oitava edição. Araras - SP. Disponível em: <<https://eagricola.com.br/pdf/catalogo-ecoagricola.pdf>>. Acesso em: 27/02/2022.

Eficiência Máxima. **Como calcular o consumo de energia elétrica?** Disponível em: <<https://www.eficienciamaxima.com.br/como-calcular-o-consumo-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 28/02/2022.

Embrapa. **FEIJÃO.** Brasil. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilha-tecnologica/tecnologias/culturas/feijao>>. Acesso em: 23/01/2022.

Embrapa. **O feijão nosso de todo dia.** Brasil. 08/03/2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1462995/o-feijao-nosso-de-todo-dia>>. Acesso em: 24/01/2022.

Empório das sementes. **Sementes de Feijão Vagem Fava de Sevilha.** Brasil. Disponível em: <<https://www.emporioidassementes.com.br/hortalicas/vagem/feijao-vagem-fava-de-sevilha>>

Forbes. 20 cidades com o metro quadrado mais caro do mundo. Brasil. 14/03/2018. Disponível em: <<https://forbes.com.br/listas/2018/03/20-cidades-com-o-metro-quadrado-mais-caro-do-mundo-2/>>. Acesso em: 15/01/2022.

Furniture Home wares. **Pasona Urban Farm Por Kono Designs.** 2022. Disponível em: <<https://pt.furniturehomewares.com/2013-09-12-pasona-urban-farm-by-kono-designs>>. Acesso em: 05/12/2021.

GRANDA, Alana. Agência Brasil. **Pesquisa revela que 19 milhões passaram fome no Brasil no fim de 2020.** Rio de Janeiro - RJ. 06/04/2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-04/pesquisa-revela-que-19-milhoes-passaram-fome-no-brasil-no-fim-de-2020>>. Acesso em: 25/02/2022.

GRANDCHAMP, Leonardo. Dia Rural, ao lado do agronegócio brasileiro. **Veja quais são os 10 principais produtos agrícolas do Brasil.** Brasil. 11/08/2021. Disponível em: <<https://controle.diarural.com.br/veja-quais-sao-os-10-principais-produtos-agricolas-do-brasil/>>. Acesso em: 11/12/2021.

Grupo PENSSAN. **Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil.** Brasil. Março/2021. Disponível em: <[http://olheparaafome.com.br/VIGISAN\\_Inseguranca\\_alimentar.pdf](http://olheparaafome.com.br/VIGISAN_Inseguranca_alimentar.pdf)>. Acesso em: 15/11/2021.

Hidrogood - Horticultura Moderna. **AGRICULTURA VERTICAL: COMO AS FAZENDAS URBANAS ESTÃO TRANSFORMANDO O MUNDO.** Brasil. 18/06/2021. Disponível em: <<https://hidrogood.com.br/noticias/ambiente-protegido/agricultura-vertical-como-as-fazendas-urbanas-estao-transformando-o-mundo>>. Acesso em: 14/11/2021.

Home Beautiful. **An expert's guide to growing a herb garden.** Brasil. 22/11/2017. Disponível em: <<https://www.homebeautiful.com.au/an-expert-s-guide-to-growing-a-herb-garden?category=Outdoor>>. Acesso em: 27/02/2022.

LOLLATO, Marco Antonio. Campo & Negócios. **Colheita mecanizada de feijão depende de plantio correto.** Brasil. 26/11/2014. Disponível em: <<https://revistacamponegocios.com.br/colheita-mecanizada-de-feijao-depende-de-plantio-correto/>>. Acesso em: 29/02/2022.

MALAR, João Pedro; HERÉDIA, Thais. CNN Brasil Business. **Em 13º entre maiores economias, PIB do Brasil fica abaixo de média global.** São Paulo - SP. 04/03/2022. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/em-13o-entre-maiores-economias-pib-do-brasil-fica-abaixo-de-media-global/#:~:text=Um%20levantamento%20da%20ag%C3%A2ncia%20de,para%20a%2013%C2%AA%20maior%20economia>>. Acesso em: 30/11/2021.

MEDINA, Juliana. AgroPós. **Hectare ou Alqueire: qual medida usar na sua propriedade?.** Brasil. Disponível em: <<https://agropos.com.br/hectare/#:~:text=Hectare%20%C3%A9%20uma%20medida%20padr%C3%A3o,representar%20diferentes%20tipos%20de%20%C3%A1rea.>> Acesso em: 10/02/2022.

MELO, Luísa. Exame. **Da lavoura ao supermercado, como é fabricado o arroz Urbano.** Brasil. 10/05/2016. Disponível em: <<https://exame.com/negocios/da-lavoura-ao-supermercado-como-e-fabricado-o-arroz-urbano/>>. Acesso em: 22/01/2022.

Ministério do Meio Ambiente. **Produção Sustentável**. Brasil. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/conceitos/producao-sustentavel.html>>. Acesso em: 12/11/2021.

MORAES, Lucas Candia Pereira de. Universidade de São Paulo Escola de Agricultura Luiz de Queiroz - Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Grupo de Extensão e Pesquisa em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG. **CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA E LOGÍSTICA DE ARROZ “IRRIGADO” NO ESTADO DO TOCANTINS**. Jun/2016. Piracicaba - SP. Disponível em: <<https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2016/09/TN-Lucas-.pdf>>. Acesso em: 22/01/2022.

MORAES, Michelly. AgroPós. **Conheça os Benefícios da Agricultura Vertical!**. Brasil. Disponível em: <<https://agropos.com.br/agricultura-vertical/>>. Acesso em: 13/12/2021.

NAVES, Maria Margareth Veloso. Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Goiás. **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DO ARROZ**. B.CEPPA, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2007. Goiânia-GO. Disponível em: <<https://scholar.archive.org/work/mrtidittzerhkytwash5jp7dq/access/wayback/https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/8394/5843>>. Acesso em: 23/01/2022.

Notícias Agrícolas. **Dessecação pré-colheita melhora até o plantio seguinte**. Brasil. 11/02/2019. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/informe-publicitario/230116-dessecacao-pre-colheita-melhora-ate-o-plantio-seguinte.html#.YiAWnOjMJnI>>. Acesso em: 28/02/2022.

NUNES, José Luis da Silva. AgroLink. **ARROZ**. Brasil. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/informacoes/caracteristicas\\_361559.html](https://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/informacoes/caracteristicas_361559.html)>. Acesso em: 20/01/2022.

NUNES, José Luis da Silva. AgroLink. **Características do arroz**. Brasil. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rsp/a/ywGrbBtPrjB6Bfn4bcGBzSb/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 23/01/2022.

NUNES, José Luis da Silva. AgroLink. **Importância econômica do arroz**. Brasil. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/informacoes/importancia\\_361560.html](https://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/informacoes/importancia_361560.html)>. Acesso em: 12/01/2022.

Nutrição de Safras. Mosaic Fertilizantes. **Fenologia – Estádios Fenológicos**. Brasil. 01/09/2021. Disponível em: <<https://nutricaoodesafras.com.br/estadios-fenologicos-fenologia/>>. Acesso em: 23/02/2022.

OLIVEIRA, Márcia Gonzaga de Castro. Portal do agronegócio. **Informações técnicas sobre a colheita mecanizada do feijoeiro**. 24/09/2010. Disponível em: <<https://www.portaldoagronegocio.com.br/agricultura/feijao/artigos/informacoes-tecnicas-sobre-a-colheita-mecanizada-do-feijoeiro>>. Acesso em: 26/02/2022.

PLACIDO, Henrique Fabrício. Lavoura10. Aegro. **Plantio de arroz irrigado ou sequeiro: 7 dicas para produzir mais e melhor**. Brasil. 20/11/2019. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/plantio-de-arroz/#:~:text=O%20arroz%20irrigado%20geralmente%20%C3%A9,de%20uma%20%C3%A2mina%20d'%C3%A1gua.&text=J%C3%A1%20o%20arroz%20de%20sequeiro%20%E2%80%93%20tamb%C3%A9m%20chamado%20arroz%20de%20terras,principalmente%20no%20norte%20do%20pa%C3%ADs>>. Acesso em: 22/01/2022.

PRESOTTO, Elen; MARTINELLI, Gabrielli do Carmo. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ENTRE A PRODUÇÃO DE ARROZ NO SISTEMA DE CULTIVO IRRIGADO E SEQUEIRO NO BRASIL**. Brasil. Disponível em: <[https://www.anpec.org.br/sul/2019/submissao/files\\_I/i4-d15b448e1398c288a313a889054b1687.pdf](https://www.anpec.org.br/sul/2019/submissao/files_I/i4-d15b448e1398c288a313a889054b1687.pdf)>. Acesso em: 23/02/2022.

PRIZIBISCZKI, Cristiane. Eco Notícias. Universidade de Cambridge. **COP 26 – Entenda os principais termos da Conferência do Clima da ONU**. Reino Unido. 09/11/2021. Disponível em: <<https://oeco.org.br/noticias/cop26-entenda-os-principais-termos-da-conferencia-do-clima-da-onu/>>. Acesso em: 24/01/2022.

RAMOS, Geislaine Estefânia Regaze. Acadêmica do curso de Engenharia de produção da fic - faculdades integradas de Cataguases. **Produção sustentável :práticas que podem moldar o futuro.** Brasil. Acesso em: <[https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=100&ano=\\_quarto](https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=100&ano=_quarto)>. Acesso em: 13/11/2021.

Revista News. **Como calcular o consumo de energia com iluminação.** Brasil. 26/05/2018. Disponível em: <<https://revistanews.com.br/2018/05/26/como-calcular-o-consumo-de-energia-com-iluminacao/#:~:text=%E2%80%9CO%20LED%20de%2010W%2C%20por,per%C3%ADodo%203%20kW%2Fh%E2%80%9D>>. Acesso em: 23/02/2022.

SATO, Leandro Kenji; REIS, João Gilberto Mendes dos. Agrarian. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Universidade Paulista (UNIP). **Estudo da produção de arroz brasileira e o papel do estado Mato Grosso do Sul.** v. 13, n. 50, p. 548-555. Dourados - MS. 10/08/2020. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/9212/6400>>. Acesso em: 12/11/2021.

SILVA, Rouverson Pereira de; CASSIA, Marcelo Tufaile; VOLTARELLI, Murilo Aparecido; COMPAGNON, Ariel Muncio; FURLANI, Carlos Eduardo Angeli. Revista Ciência Agronômica. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará. **Qualidade da colheita mecanizada de feijão (Phaseolus vulgaris) em dois sistemas de preparo do solo. Artigo Científico.** v. 44, n. 1, p. 61-69. Fortaleza - CE. Março/2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rca/a/jc4gZxvknmcbSkqnBtKQB/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 26/02/2022.

SILVEIRA, Marina Aparecida; TEIXEIRA, Sônia Milagres; WANDER, Alcido Elenor; CAMPOS, Washington Pereira. SEGPLAN - IMB - Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. Notícias agrícolas. **Produção de feijão nos sistemas de plantio direto e convencional em Água Fria de Goiás (GO).** Março/2015. n32. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132673/1/aew8.pdf>>. Acesso em: 22/02/2022.

SkyGreens. **Sky Greens**. Singapura. Disponível em: <<https://www.skygreens.com/>>. Acesso em: 23/02/2022.

SOS Mata Atlântica. **Calculadora de CO2**. Brasil. 2021. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/calculadora-de-co2/>>. Acesso em: 22/02/2022.

SOUSA, Márcia. **Aprenda a plantar feijão orgânico em casa**. Brasil. 30/10/2017. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/mao-na-massa/horta/aprenda-a-plantar-feijao-organico-em-casa/#:~:text=Ao%20plantar%20%C3%A9%20necess%C3%A1rio%20apenas,%C3%A9%20de%20aproximadamente%2015%20dias>>. Acesso em: 02/03/2022.

Tecnologia no campo. **Grades Aradoras: para que servem e quais são os tipos dessas grades agrícolas**. Brasil. 01/06/2018. Disponível em: <<https://tecnologianocampo.com.br/grades-aradoras/>>. Acesso em: 27/02/2022.

TOLEDO, Taís Carolina Franqueira de; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin. Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Avaliação química e nutricional do feijão carioca (Phaseolus vulgaris L.) cozido por diferentes métodos**. 28(2): 355-360, abr.-jun. 2008. Campinas - SP. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/Mx3GkBhhdyJskpQzLMShWMc/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 24/01/2022.

TREVIZAN, Karina. Invest News. **PIB: ranking mostra quais países estão crescendo mais que o Brasil**. Brasil. 02/06/2021. Disponível em: <<https://investnews.com.br/economia/quais-paises-estao-crescendo-mais-que-o-brasil-veja-ranking-do-pib/>>. Acesso em: 15/02/2022.

VertiCrop. **VERTICAL FARMING**. Brasil. 2018. Disponível em: <<https://grow.verticrop.com/vertical-farming/>>. Acesso em: 25/02/2022.

WRIGHT, Maury. **LEDs in horticulture: Philips GrowWise Center and Purdue studies space.** Nashville - USA. 07/07/2015. Disponível em: <<https://www.ledsmagazine.com/horticultural-lighting/vegetables-floriculture/article/16696765/leds-in-horticulture-philips-growwise-center-and-purdue-studies-space>>. Acesso em: 22/11/2021.

ZK Pires. **Produção do Arroz: Clima e Solo.** Brasil. 26/11/2018. Disponível em: <[https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas\\_anuais/livros/PRODUCAO%20DO%20ARROZ.pdf](https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas_anuais/livros/PRODUCAO%20DO%20ARROZ.pdf)>. Acesso em: 21/02/2022.