



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
IG/IB/IQ/FACE-ECO/CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**PERDA DE ALIMENTOS AO LONGO DA CADEIA AGROALIMENTAR
E SUA PEGADA HÍDRICA: UM ESTUDO A PARTIR DO PRATO DO
BRASILEIRO**

MARIANA DE OLIVEIRA CARDOSO CUNHA

Brasília, 2019.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

IG/IB/IQ/FACE-ECO/CDS

CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**PERDA DE ALIMENTOS AO LONGO DA CADEIA AGROALIMENTAR
E SUA PEGADA HÍDRICA: UM ESTUDO A PARTIR DO PRATO DO
BRASILEIRO**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Andrei Domingues Cechin.

Brasília, 2019.

Ficha Catalográfica

Cunha Cardoso de Oliveira, Mariana

Perda de alimentos ao longo da cadeia agroalimentar e sua pegada hídrica: um estudo a partir do prato do brasileiro/ Mariana de Oliveira Cardoso Cunha; orientador Andrei Domingues Cechin. -- Brasília, 2018. 73 p.

Monografia (Graduação – Ciências Ambientais) – Universidade de Brasília, 2019.

1. Perda de alimentos. 2. Pegada Hídrica 3. Pegada Hídrica da perda de alimentos. 4. Cadeia de suprimento de alimentos. 5. Arroz, feijão e carne bovina. I. Cechin Domingues, Andrei, orient. II. Ciências Ambientais/IG/IB/IQ/FACE-ECO/CDS-UnB

FOLHA DE APROVAÇÃO

Mariana de Oliveira Cardoso Cunha

PERDA DE ALIMENTOS AO LONGO DA CADEIA AGROALIMENTAR E SUA PEGADA HÍDRICA: UM ESTUDO A PARTIR DO PRATO DO BRASILEIRO

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Andrei Domingues Cechin.

Aprovado em: Brasília-DF, _____ de dezembro/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Andrei Domingues Cechin (Orientador)
Departamento de Economia da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Thomas Ludewigs (Avaliador)
Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília

Dedico este trabalho a minha família e ao meu marido Danilo, companheiro de todas as horas que me apoiou e ajudou nessa jornada. E a todas as pessoas que de alguma forma estiveram ao meu lado, e acreditaram que tudo isso seria possível.

“A diferença entre o que fazemos e o que somos capazes de fazer seria suficiente para resolver a maioria dos problemas do mundo. Mahatma Gandhi”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, (que sempre está ao meu lado em todos os momentos da minha vida) por me proporcionar a oportunidade de realizar um dos meus sonhos, por ter me ajudado a concretizar esse projeto e a chegar até aqui.

Agradeço ao meu orientador Andrei Cechin pela paciência, confiança, credibilidade, conselhos, dicas, gentileza, incentivo e pela ajuda ao longo deste trabalho. Ao professor Thomas Ludewigs pelas contribuições na avaliação deste trabalho, os conhecimentos passados ao longo desses anos de graduação, e pela simpatia e disponibilidade de sempre.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe (Aline), meu pai (Hilton), meus irmãos (Gustavo, André e Caio), minha avó (Iracy) e minha tia Maria (*In memória*) por acreditarem em mim, por me incentivarem a correr atrás dos meus sonhos, pelo amor, acolhimento e apoio. A vocês meu amor, admiração e gratidão eterna.

Agradeço ao meu marido, companheiro, amigo e incentivador (Danilo), por ter me ajudado e partilhado comigo tantos momentos ao longo dessa jornada. Além disso, sou grata pelo amor, cumplicidade, carinho, e também por sempre estar ao meu lado. Amo você!

Aos meus amigos, principalmente a minha “quase irmã” Maíra, por toda força de sempre, por estar ao meu lado em todas as fases da minha vida e pela ajuda nos momentos finais deste trabalho.

Agradeço a Universidade de Brasília por todo aparato e estrutura, e aos meus professores e professoras por terem feito parte da minha formação e compartilhado conhecimentos, ideias, sonhos, anseios e vontades. Pela confiança, amizade, calma, entusiasmo e paixão em ensinar.

E finalmente, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para que este projeto se concretizasse.

RESUMO

Mesmo após uma década de declínio a fome no mundo está novamente em ascensão, sendo alavancada, principalmente, por conflitos e pelas mudanças climáticas, bem como pela perda e desperdício de alimentos. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de alimentos. Porém, cerca de 35% da produção agrícola do país é descartada anualmente. Os maiores valores de consumo de recursos hídricos no país estão associados às atividades de irrigação e abastecimento animal, correspondendo por mais de 70% do total. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo mensurar a pegada hídrica da perda de alimentos no Brasil, tendo como foco os três principais ingredientes da dieta do brasileiro: arroz, feijão e carne bovina. Um total de 3,4 milhões de toneladas de arroz; 0,86 milhão de feijão e 2,16 milhões de carne bovina no Brasil foram perdidos ao longo da cadeia de suprimentos no ano de 2018. Já as pegadas hídricas acumuladas das perdas totalizaram 5,17 Gm³ de água para o arroz; 3,34 Gm³ para o feijão e 41,86 Gm³ para a carne bovina. Os valores de perda de alimento e de pegada hídrica ao longo da cadeia são dimensionados neste trabalho, revelando a necessidade de ações de iniciativa privada, bem como de iniciativa pública para a diminuição dessas perdas. Os maiores índices de perda são observados nas etapas de produção e de consumo final para arroz e carne e para o feijão na etapa de processamento.

Palavras-chave: Perda de alimentos; Pegada Hídrica; Pegada Hídrica da perda de alimentos; Cadeia de suprimento de alimentos; Arroz, feijão e carne bovina.

ABSTRACT

Even after a decade of decline world hunger is on the rise again, being driven mainly by conflict and climate change, as well as food loss and waste. Brazil is one of the world's largest food producers. However, about 35% of the country's agricultural production is annually discarded. The highest consumption of water resources in the country is associated with irrigation and animal supply activities, accounting for over 70% of the total. Thus, this paper aims to measure the water footprint of food loss in Brazil, focusing on the three main ingredients of the Brazilian diet: rice, beans and beef. A total of 3.4 million tonnes of rice lost; 0.86 million beans and 2.16 million beef in Brazil were lost along the supply chain in 2018. Accumulated loss water footprints added 5.17 Gm³ of water for rice; 3.34 Gm³ for beans and 41.86 Gm³ for beef. The values of food loss and water footprint along the chain are dimensioned in this work, revealing the need for private initiative as well as public initiative to reduce these losses. The highest loss rates are observed in the production and final consumption stages for rice and meat and beans in the processing stage.

Keywords: Loss of food; Water footprint; Water footprint of food loss; Food supply chain; Rice, beans and beef.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. CADEIA DE CAUSA E EFEITO AMBIENTAL RELACIONADA AO USO DE ÁGUA. .	35
FIGURA 2. PEGADA HÍDRICA MÉDIA NACIONAL PER CAPITA (M ³ /ANO PER CAPITA) NO PERÍODO DE 1996 A 2005. PAÍSES EM VERDE TEM A PEGADA HÍDRICA MÉDIA MENOR QUE A MÉDIA GLOBAL E OS PAÍSES M AMARELO E VERMELHO TÊM PEGADA HÍDRICA MÉDIA ACIMA DA MÉDIA GLOBAL.	38
FIGURA 3. CONTRIBUIÇÕES RELATIVAS DOS PRINCIPAIS GRUPOS ALIMENTARES PARA O TOTAL DA PERDA DE ALIMENTOS E SUAS PEGADAS DE CARBONO, ÁGUA AZUL E DE SOLO.	43
FIGURA 4. PERCENTUAL DE DESPERDÍCIO POR GRUPO ALIMENTAR (% SOBRE O TOTAL DESPERDIÇADO PELAS FAMÍLIAS).....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. RELAÇÃO ENTRE CONSUMO DE CARNE, PEGADA HÍDRICA DA CARNE POR PAÍS E PEGADA HÍDRICA POR PAÍS.....	39
TABELA 2. PEGADA HÍDRICA MÉDIAS DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL.....	39
TABELA 3. PORCENTAGENS ESTIMADAS / PRESUMIDAS DE DESPERDÍCIO PARA CADA GRUPO DE <i>COMMODITIES</i> EM CADA ETAPA DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE ALIMENTOS PARA A AMÉRICA LATINA.	55

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. PERDA DE ALIMENTOS AO LONGO DA CADEIA (MIL TONELADAS).	58
GRÁFICO 2. PEGADA HÍDRICA DA PERDA DE ALIMENTOS AO LONGO DA CADEIA (GM ³).	60
GRÁFICO 3. PROPORÇÃO DE PERDA HÍDRICA POR ALIMENTO (PPH) AO LONGO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.1.1	Objetivos específicos	14
3	JUSTIFICATIVA	14
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1	Problemática da Perda e Desperdício de Alimentos no Mundo	15
4.1.1	Definição de Perda e Desperdício de Alimentos (PDA)	16
4.2	Cadeia de Suprimento de Alimentos	17
4.2.1	Pré-colheita e Produção agropecuária.....	19
4.3	Impactos e Pegadas Ambientais	27
4.3.1	Pegada Hídrica	32
4.3.2	Impactos ambientais relacionados a Pegada Hídrica	34
4.3.3	Uso da água e a Pegada hídrica global na agropecuária	36
4.3.4	Pegadas ambientais ao longo da cadeia	41
4.4	Cadeias AGRO no Brasil: uso da água, perda e desperdício de alimentos 44	
4.4.1	Uso da água na agropecuária brasileira	44
4.4.2	Problemática da perda e desperdício de alimentos no Brasil	46
5	METODOLOGIA	51
5.1	Método de Abordagem	51
5.2	Fontes de dados	51
5.2.1	Estoque (final e inicial)	52
5.2.2	Produção.....	52
5.2.3	Importação, Exportação e Consumo interno	53
5.3	Procedimentos e Técnicas	53
5.3.1	Perdas Pós-Colheita	53
5.3.2	Análise das Pegadas Hídricas da Perda de Alimentos	56

6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
7	CONCLUSÃO	62
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
	APÊNDICE A- PLANILHAS DE DADOS.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FLI	Índice de Perda de Alimentos
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ICM	Índice de Condição da Manutenção
GEE	Gases de Efeito Estufa
SPD	Sistema Plantio Direto
ILP	Sistema Integrado de Lavoura-Pecuária
ILPF	Lavoura-Pecuária- Floresta
IWMI	International Water Management Institute
SEEA-Water	System of Environmental-Economic Accounting for Water
ANA	Agência Nacional de Águas
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
USDA	U.S Department of Agriculture
CEASA	Central de Abastecimento

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) aproximadamente um terço de todos os alimentos produzidos para alimentação humana é perdido ou desperdiçado. Em seu relatório “*Food wastage footprint: Full-cost accounting*” publicado no ano de 2013, demonstra que o valor monetário do desperdício real de alimentos chega à US \$ 936 bilhões, não levando em consideração os custos ambientais, sociais, insumos de produção e transacionais do desperdício que são suportados pela sociedade. Entender o quadro geral do impacto da perda de alimentos é necessário no tocante da promoção de investimentos em medidas de redução desta perda, incluindo, para tanto, apoio financeiro, político e outros incentivos para a redução efetiva, que até agora têm sido insuficientes (FAO, 2013).

Outros benefícios, que não são de natureza financeira, mas não menos importantes, constituem uma justificativa incremental para a redução da perda e desperdício de alimentos, são eles: (i) melhoria da segurança alimentar e nutricional; e (ii) sustentabilidade ambiental (FAO, 2019c).

Dados publicados pela FAO em 2019 no relatório intitulado “*El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición em el mundo*”, relatam que ao todo 820 milhões de pessoas sofreram com fome crônica no mundo no ano de 2018, ou seja, uma em cada nove pessoas não possuíam alimento suficiente para suprir suas necessidades nutricionais (FAO, 2019b).

No tocante da América Latina e do Caribe observou-se que a fome atingiu 42,5 milhões de pessoas também no ano de 2018 (6,5% da população), um aumento de 2% na comparação com o ano de 2016. A América do Sul concentra a maior parte das pessoas atingidas pela subalimentação na região, esse aumento observado durante os últimos anos se deve à elevação da insegurança alimentar provocada, dentre outros fatores, pela recessão na Venezuela onde a subalimentação passou de 6,4%, entre 2012-2014, para alarmantes 21,2% no período de 2016-2018 (um aumento de quatro vezes) (FAO, 2019b).

Em contraste, o percentual de subalimentados na América Central (6,1%) têm diminuído se comparado com os resultados levantados na década de 2005 a 2015 (FAO, 2019b).

Na África oriental em particular, cerca de um terço da população (30,8%) está subalimentada. Contudo, o maior índice de subalimentação ocorre na Ásia, mais de 500 milhões de pessoas são subalimentadas (62%), sobretudo nos países do sul do continente (FAO, 2019b).

Além de dados sobre a fome no mundo, o relatório estima que mais de 2 bilhões de pessoas, a maioria em países de baixa e média renda, não têm acesso regular a alimentos seguros, nutritivos e suficientes. Contudo, esse acesso irregular atinge também países de alta renda, incluindo cerca de 8% da população da América do Norte e da Europa.

Essa realidade carece de uma transformação profunda dos sistemas alimentares, com a diminuição das perdas que ocorrem nas diferentes etapas de obtenção dos alimentos, desde a produção, comercialização, até o consumo final (SANTOS & MANTOVANI, 1997), bem como do consumo de alimentos saudáveis produzidos de forma sustentável.

A adoção de tecnologias adequadas na produção, no manuseio, no transporte, armazenamento e na comercialização de alimentos reduz enormemente as perdas e contribui para a obtenção de produtos de melhor qualidade e para a melhoria das condições de vida da população, principalmente dos consumidores de baixa renda (SANTOS & MANTOVANI, 1997).

Além da problemática socioeconômica, a produção de alimentos perdidos e desperdiçados no mundo representa 24% do total de recursos de água doce utilizados nessa produção (27 m³/cap/ano), 23% da área total de terras cultivadas no mundo (31x10³ ha/cap/ano) e 23% do uso total global de fertilizantes (4,4 kg/cap/ano) (KUMMU et al., 2012).

Em relação aos impactos ambientais da perda e do desperdício observa-se um crescente uso da terra, o que leva a um aumento na demanda por insumos e, conseqüentemente, a um aumento dos impactos e custos da sua utilização. Deste modo, o desperdício de alimentos leva a um aumento da depleção de recursos naturais (por exemplo, água, energia, floresta e terra), do uso de capital (por exemplo, máquinas, edifícios, transportes, fertilizantes e pesticidas) e da poluição (por exemplo, nitrato e gases de efeito estufa), que contribui para as alterações climáticas, aumento no uso da terra e de água, perda de biodiversidade e impactos nos serviços ecossistêmicos. Esses impactos

carregam consigo tanto custos ambientais quanto sociais e econômicos (FAO, 2014).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo identificar os principais impactos ambientais (pegada hídrica, pegada do solo e pegada de carbono) provenientes da perda de alimentos.

2.1.1 Objetivos específicos

- a) Mensurar a pegada hídrica da perda de alimentos no Brasil, tendo como foco a pegada hídrica dos três principais ingredientes da dieta do brasileiro: arroz, feijão e carne bovina. Contribuindo, desta forma, para a melhoria do conhecimento relativos à temática “pegada hídrica” e às suas aplicações na realidade brasileira.
- b) Apresentar os conceitos primordiais acerca da temática pegada hídrica, em sua composição (água virtual, água verde, azul e cinza) e fatores relacionados com o uso da água na agricultura brasileira.

3 JUSTIFICATIVA

De acordo com o relatório das Nações Unidas “*O estado da segurança alimentar e da nutrição no mundo em 2017*” a fome no mundo está novamente em ascensão, mesmo após mais de uma década de declínio; sendo impulsionada, principalmente, por conflitos e pelas mudanças climáticas. A perda e desperdício de alimentos são um dos fatores que agrava essa problemática (FAO, 2019a). No Brasil as perdas na comercialização de alimentos ocorrem em todo o território nacional e têm sido analisadas em todas as fases da cadeia produtiva, ou em canais de distribuição, por pesquisadores de diversas áreas e instituições. Esses trabalhos são importantes para a definição de estratégias e prioridades de um programa de transferência de tecnologia para redução de perdas. Além disso, podem fornecer subsídios para os formuladores e os dirigentes de políticas agrícolas, ambientais e sociais, com vistas à redução de perdas e desperdícios entre os agentes envolvidos na produção, na comercialização e no consumo de alimentos (VILELA, LANA, NASCIMENTO, & MAKISHIMA, 2003).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Problemática da Perda e Desperdício de Alimentos no Mundo

A problemática da perda e desperdício de alimentos perpassa por complexas questões institucionais, éticas, econômicas, ambientais e sociais. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), agenda mundial adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável no ano de 2015, prevê ações e metas a serem atingidas até o ano de 2030 visando dirimir várias problemáticas mundiais, incluindo entre elas: a pobreza, agricultura insustentável, padrões insustentáveis de produção e de consumo, insegurança alimentar, dentre outras (ODS, 2019).

A meta número 12.3, do objetivo que visa assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (ODS 12), espera “reduzir pela metade, até 2030, o desperdício de alimentos *per capita* mundial, nos níveis de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita” (ODS, 2019).

De acordo com o relatório da FAO intitulado “*The state of food and agriculture*” e publicado no ano de 2019, em termos de valor econômico, cerca de 14% dos alimentos produzidos mundialmente são perdidos após a colheita e até, mas não incluindo, o nível de varejo (FAO, 2019c).

No mundo existem cerca de 821 milhões de pessoas em estado de insegurança alimentar, enquanto um em cada três alimentos produzidos são perdidos diariamente, seja em alguma etapa da cadeia produtiva ou desperdiçado no elo final (o consumo). Estima-se que anualmente cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos seja descartada, sendo 30% de cereais; de 40 a 50% de raízes, frutas, hortaliças e sementes oleaginosas; 35% dos peixes e 20% da carne e produtos lácteos. Calcula-se que esses alimentos seriam suficientes para alimentar dois bilhões de pessoas no mundo (FAO, 2019b; GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011; ONU, 2018).

Além dos números alarmantes demonstrados acima, existe uma série de custos embutidos na conta do desperdício. Para a produção de alimentos são necessários recursos ambientais tais como, água, uso da terra e de nutrientes como adubos minerais, uso de pesticidas, energia solar, bem como a energia

elétrica e o uso de combustíveis fósseis para a produção e distribuição de alimentos (FIGUEIREDO, GONDIM, & ARAGAO, 2017).

Estima-se que os custos ambientais e os custos sociais do desperdício de alimentos totalizem cerca de US\$ 700 bilhões e US\$ 900 bilhões, respectivamente segundo a FAO. No somatório de todos os custos atrelados a essa temática, a estimativa total do desperdício de alimento gira em torno de US\$ 2,6 trilhões por ano (FIGUEIREDO, GONDIM, & ARAGAO, 2017).

Em razão deste cenário, o tema das perdas e desperdício de alimentos ganhou, nos últimos anos, uma dimensão mais transversal e global, cada vez mais articulado a questões ambientais e de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN). Um grande número de publicações sobre o tema aponta que as repercussões da Perda e Desperdício de Alimentos (PDA) na SAN se manifestam de três principais formas: 1) reduzem a disponibilidade mundial e local de alimentos; 2) interferem no acesso dos consumidores aos alimentos, em virtude do aumento nos preços, e nos ganhos econômicos dos atores das cadeias alimentares; 3) produzem um efeito negativo a longo prazo, devido a utilização insustentável dos recursos naturais (CAISAN, 2018).

As Perdas e Desperdício de Alimentos atingem todos os países, porém suas implicações diferem de acordo com o nível de desenvolvimento de cada local. As principais causas da perda de alimentos em países de baixa renda estão associadas a problemas e deficiências que antecedem o consumo, ou seja, na colheita e pós-colheita, processamento, distribuição e varejo. Por sua vez, as perdas de alimentos em países de renda mais alta estão relacionadas ao comportamento dos consumidores, bem como à falta de coordenação entre os diferentes atores das cadeias produtivas (CAISAN, 2018; LANA, 2018).

4.1.1 Definição de Perda e Desperdício de Alimentos (PDA)

Terminologicamente utiliza-se de forma distinta os termos “perda” e “desperdício”, a depender da origem e da motivação do descarte.

Estudo publicado pela FAO (2013), detalha e diferencia esses termos:

- Perdas de alimentos (*food loss*) se referem à redução da disponibilidade de alimentos para consumo humano ao longo da cadeia de abastecimento alimentar, sobretudo nas fases iniciais da cadeia de suprimentos como na

produção, colheita, abate, pós-colheita (associada à ausência e/ou deficiência de infraestrutura) e no processamento.

- Desperdício de alimentos (*food waste*) consiste nas perdas de alimentos ocorridas ao final da cadeia de alimentos, como em mercados varejistas e no consumo final, em virtude de comportamentos, muitas vezes inadequados na manipulação e consumo (CAISAN, 2018; LANA, 2018).

Devido à dificuldade muitas vezes de classificar um determinado descarte em perda ou desperdício, a utilização de um único termo para o descarte pode facilitar a compreensão da temática. Mais importante que classificar o descarte como perda ou desperdício é entender as razões que perpassam sobre a ocorrência do descarte e as ações necessárias para sua redução (LANA, 2018). Com o intuito de evitar recorrentes explicações e confusões sobre os conceitos de perda e desperdício, optou-se pelo uso indistinto dos termos "perda" e "desperdício" para se referir a qualquer descarte do alimento, em qualquer estágio e por qualquer motivação.

4.2 Cadeia de Suprimento de Alimentos

A cadeia de suprimento de alimentos é composta pelos seguintes segmentos: (i) produção agrícola e colheita, abate e captura; (ii) operações pós-colheita, abate e captura; (iii) armazenamento; (iv) transporte; (v) processamento; (vi) atacado e varejo; e (vii) consumo.

A produção agrícola, colheita, abate e captura referem-se a atividades em que o produto ainda está em seu local de manejo ou nas instalações do produtor. As operações pós-colheita, abate e captura incluem as etapas de limpeza, classificação e tratamentos (por exemplo, para desinfestação na propriedade rural ou de uma embalagem). O processamento inclui operações primárias (por exemplo, secagem, remoção do ar, descascamento), que geralmente ocorrem na propriedade rural; e operações secundárias (transformação do produto). O ponto final da cadeia refere-se ao momento em que os alimentos são consumidos ou removidos da cadeia de suprimentos (FAO, 2019c).

A primeira estimativa global divulgada pela FAO no ano de 2019 em relação ao Índice de Perda de Alimentos (FLI) demonstrou que 13,8% dos alimentos produzidos em 2016 foram perdidos no início do ciclo até, mas excluindo, a fase de varejo. Em termos de grupos alimentares raízes, tubérculos e oleaginosas

apresentam níveis de perda mais altos, seguidos por frutas e leguminosas (dada a sua natureza altamente perecível) (FAO, 2019c).

Normalmente, as perdas de alimentos ao longo da cadeia produtiva ocorrem, muitas vezes, na manipulação pós-colheita, ou seja, quando os produtos não são colhidos integralmente ou a produção colhida é perdida durante o processamento, o armazenamento ou o transporte. Ou nas etapas de distribuição (acondicionamento e oferta dos alimentos nos diferentes pontos de comercialização), preparo de refeições e consumo, estando diretamente relacionado ao comportamento de comerciantes e consumidores (DE MELO, 2018).

Segundo dados da FAO, 54% das perdas e desperdício de alimentos ocorrem na fase inicial da produção (na manipulação após a colheita e no armazenamento); e em torno de 46% nas etapas de processamento, distribuição e consumo, estes produtos perdidos ao longo do processo produtivo variam em função da região (JÚNIOR & SOARES, 2014).

Em alguns países em desenvolvimento da África, do Caribe e do Pacífico, observam-se percentuais elevados de perdas, podendo alcançar índices de 40% a 50%. Dito isso, a redução das perdas de alimento no mundo é essencial para alcançar a segurança alimentar, permitindo elevar a oferta de alimentos, sem a necessidade do aumento da área de produção agrícola (JÚNIOR & SOARES, 2014).

Importante ressaltar que os valores divulgados sobre perdas ao longo da cadeia de produção são imprecisos e estimados de forma genérica, uma vez que não existe uma metodologia padrão para avaliar e quantificar esses valores. Alguns países como o Brasil ainda não possuem dados precisos baseados em levantamentos de abrangência nacional, dessa forma não é possível generalizar. Estimar esses valores depende de inúmeros fatores, tais como o ano da coleta de dados, época do ano (período seco ou das chuvas), tipo de produto avaliado, cultivar amostrado, possível aproveitamento de subprodutos, uso na alimentação animal, compostagem, nível tecnológico do produtor, dentre outros, que tornam estas estimativas isoladas e servem apenas para estudos pontuais, como estudos de caso (EMBRAPA, 2019). O Brasil, embora ainda enfrente perdas elevadas na fase pós-colheita, também apresenta elevados níveis de perda na etapa de consumo. As evidências mostram o Brasil como um país que alia

características de países em desenvolvimento, no que diz respeito às perdas dentro das propriedades rurais e no escoamento da produção, com hábitos de consumo de países ricos, caracterizados pelo elevado descarte de alimentos no final da cadeia (EMBRAPA, 2019).

4.2.1 Pré-colheita e Produção agropecuária

A pré-colheita compreende o período que vai da maturação fisiológica até a colheita do alimento (SANTOS & MANTOVANI, 1997).

Na fase de planejamento das culturas as decisões tomadas interferem em todo o processo da cadeia produtiva. Essa etapa vai desde a seleção das variedades mais adequadas, verificação das condições locais de clima e solo, estudo das potencialidades e oportunidades do mercado, planejamento da produção (época e quantidade) de acordo com as condições mais favoráveis de comercialização; até as melhores formas de comercialização dos produtos (MARTINS & FARIAS, 2002).

Existem poucos estudos que quantificam a perda de cultivares no período pré-colheita, em estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) no ano de 1997, demonstra que a perda no período da sementeira à maturação fisiológica está estimada em 11% para produção brasileira total de milho (SANTOS & MANTOVANI, 1997).

De acordo com Júnior & Soares (2014) dentre as principais causas de perdas na etapa de produção estão: (1) a falta de conhecimento sobre técnicas de plantio; (2) espaçamento inadequado entre as plantas; (3) erros no preparo o solo; (4) técnicas inadequadas de manejo da cultura (adubação, irrigação, podas); (5) falha ou ausência de controle integrado de pragas e/ou moléstias; (6) falta de pessoal habilitado na colheita e no galpão de embalagem; (7) falta de conhecimento do ponto ideal para colheita; (8) más condições climáticas durante o período da colheita; (9) uso de tecnologia e equipamentos inadequados de colheita e armazenamento.

Outros fatores relacionados as perdas no campo ocorrem em função da colheita de forma empírica, a partir da observação visual dos agricultores, não levando em consideração o momento exato da colheita em função do mercado-alvo. Além disso, o uso de mão-de-obra especializada é fundamental nesta etapa (MARTINS & FARIAS, 2002; SOARES & JÚNIOR, 2018).

Os produtos colhidos, especialmente frutas e hortaliças, muitas vezes, ficam expostos ao sol ou às intempéries no campo, durante longo período de tempo até serem transportados para os galpões de embalagem, acarretando perda de qualidade, contaminação pelo solo e desidratação dos produtos afetando, assim, de forma negativa a vida útil pós-colheita (SOARES e FREIRE JUNIOR, 2018). Observa-se que em regiões mais industrializadas, como Europa, América do Norte e Oceania, as perdas na etapa da produção agrícola para o grupo de hortícolas, frutas e legumes, são maiores se comparadas aos países menos industrializados. Isso se deve, principalmente, à classificação pós-colheita desses alimentos causada pelos padrões de qualidade estabelecidos pelos varejistas. Contudo, pode-se observar que a América Latina possui um índice de perda (20%) equivalente a países mais ricos.

No caso do Brasil, estudos realizados por Vilela e colaboradores (2003) em sistemas de produção de cebola e batata nos principais estados brasileiros produtores destes alimentos, constataram níveis médios de perdas de 30% resultantes de descarte dos produtos no processo de classificação, também por não atenderem aos padrões de qualidade exigidos pelo mercado.

Essas perdas podem ser reduzidas e/ou evitadas com maiores investimentos em capacitação de mão de obra, cuidado na operacionalização do trabalho e a utilização de ferramentas apropriadas garantindo, assim, a qualidade do pós-colheita (SOARES & JÚNIOR, 2018).

Já para o caso das carnes as perdas em todas as regiões em desenvolvimento são distribuídas igualmente por toda a cadeia de suprimento de alimentos, mas destaca-se que há perdas relativamente altas na etapa da produção na África Subsaariana. Isto se deve à alta mortalidade animal, causada por doenças frequentes na criação de animais como, por exemplo, pneumonia, doenças digestivas e parasitas (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

4.2.1.1 Pós-Colheita

O correto controle do processo na fase pós-colheita torna-se extremamente relevante, sendo necessária uma seleção apurada dos produtos colhidos, separando-os por grau de maturação, coloração, tamanho, peso ou presença de defeitos que tornem indesejáveis sua aceitação no mercado (MARTINS & FARIAS, 2002).

A seguir são apresentadas as principais etapas do pós-colheita ao longo da cadeia de suprimentos.

4.2.1.2 *Manuseio*

O manuseio pós-colheita é um fator crítico para manutenção na qualidade dos produtos durante o processo de embalagem, de armazenamento, transporte, distribuição, comercialização e venda ao consumidor (JÚNIOR & SOARES, 2014). Faz-se necessário analisar as características de cada procedimento a fim de minimizar o volume de perdas ocasionadas pela má gestão dessas etapas.

As perdas decorrem, muitas vezes, do mal acondicionamento dos produtos, não levando em consideração as dimensões, o volume, o grau de maturação, a qualidade, o tamanho, a forma do alimento, bem como o processo de higienização o qual evita possíveis contaminações e prejuízos na qualidade e conservação dos mesmos. Um dos principais fatores que influenciam a comercialização é a classificação dos produtos, que por sua vez, depende de um bom controle de qualidade (JÚNIOR & SOARES, 2014).

4.2.1.3 *Processamento e Embalagem*

A quantidade de comida perdida durante o processamento depende, em grande parte, do tipo de matéria-prima e a natureza das operações de processamento. Em diversos países, principalmente os de baixa renda, as instalações para o processamento dos alimentos, muitas vezes, são inadequadas ou inexistentes, especialmente para produtos altamente perecíveis ou sazonais (FAO, 2019c).

Danos mecânicos dos cultivares decorrentes do processamento e embalagem são evitados se precedidos de uma colheita e manuseio adequados. Outros fatores que acarretam em danos aos alimentos são o empilhamento excessivo nas embalagens e o mal acondicionamento dos produtos nas mesmas. A falta de classificação e padronização dos hortifrutícolas, por exemplo, pode acarretar no aumento das perdas, uma vez que esses produtos são acondicionados em embalagens inadequadas ou são transportados a granel. Estes produtos a granel apresentam, muitas vezes, qualidade inferior aos dos produtos embalados demonstram altos índices de perdas, sendo comercializados à preços bem inferiores aos praticados, em função de sua baixa qualidade (SOARES & JÚNIOR, 2018).

Geralmente, as embalagens comumente utilizadas no campo são caixas plásticas, caixas de madeira e baldes plásticos. A embalagem ideal é aquela que protege e mantém a qualidade do produto, além de separá-los em unidades convenientes para o manuseio e comercialização, evitando abrasão dos alimentos e a contaminação por microorganismos, trazendo assim, proteção ao produto e permitindo uma apresentação adequada ao mercado consumidor (MARTINS & FARIAS, 2002).

Além disso, o uso de embalagens adequadas ao tamanho, às dimensões e peso do produto pode trazer redução nos percentuais de perdas nesta etapa do processo. Redução essa, que pode acarretar na diminuição de custos e, conseqüentemente, de preços aos consumidores, aumentando substancialmente as vendas (JÚNIOR & SOARES, 2014; LUENGO, CALBO, JACOMINO, & PESSOA, 2003).

4.2.1.4 *Armazenamento*

A etapa de armazenamento é considerada importante para a manutenção da qualidade dos cultivares, porém pode ser considerada um problema devido à pequena capacidade brasileira de armazenar produtos, como no caso dos grãos. A produção de cerca de 225 milhões de toneladas de grãos na safra 2017/2018 frente a capacidade estática de armazenamento de cerca de 162 milhões de toneladas, apresenta um déficit de capacidade de armazenagem de cerca de 63 milhões de toneladas de grãos no Brasil. Ou seja, o país tem silos e armazéns para 72% da sua produção anual de grãos, ao passo que a recomendação internacional é de 120%. A distribuição das unidades armazenadoras no Brasil, semelhante ao que ocorre com a localização da malha de transportes, concentra-se nos estados do Sul, refletindo um descompasso entre o avanço das áreas de fronteiras agrícolas e a localização dos armazéns (DE MELO, 2018).

É aconselhável, o uso de refrigeração, durante o processo de transporte e armazenamento de alguns produtos, como no caso das hortaliças. Além disso, determinados alimentos são incompatíveis e não podem ser armazenados simultaneamente em câmaras frigoríficas ou armazéns (MARTINS & FARIAS, 2002). Isso ocorre, por exemplo, em casos como os frutos que produzem muito etileno, chamados de climatéricos; juntamente com frutos não climatéricos,

acarretando em perdas devido ao processo acelerado de maturação (JÚNIOR & SOARES, 2014).

Frente à importância do pré-resfriamento antes da armazenagem dos alimentos, é essencial o correto armazenamento nas Centrais de Abastecimento (atacadistas), nos Centros de Distribuição dos varejistas e nos supermercados. Contudo, na maioria das vezes não há câmaras de armazenamento suficiente nestes locais para acomodar os produtos frescos que são comercializados. Geralmente, a infraestrutura existente apresenta condições precárias uma vez que os funcionários que manuseiam os produtos, muitas vezes, sofrem com a falta de conhecimento e treinamento adequados. Além disso, as câmaras de refrigeração utilizadas não apresentam sistemas de controle de umidade ou circulação de ar o que acarreta na perda de água, diminuindo o turgor e causando enrugamento, contribuindo negativamente na qualidade visual dos produtos. Ademais, as câmaras apresentam muitas vezes condições higiênico-sanitárias insatisfatórias (SOARES & JÚNIOR, 2018).

Outro aspecto importante a ser considerado para a boa conservação do produto refere-se ao controle das pragas que atacam os grãos armazenados, além do desenvolvimento de fungos devido a decomposição dos alimentos, por parte dos insetos, em gás carbônico e água aumentando o teor de umidade dos grãos infestados contribuindo para o aparecimento daqueles (Castro, Vieira, Rabelo, & Silva, 1999).

Após a compra desses produtos, o acondicionamento correto dos alimentos pelo consumidor é essencial para evitar a perda desses alimentos. Devem ser tomadas algumas medidas e cuidados com os produtos para a melhor conservação tanto sob o ponto de vista físico como nutricional (SOARES & JÚNIOR, 2018).

Já para o caso da carne as perdas são relativamente baixas devido à pequena taxa de mortalidade animal durante a criação e transporte para o abate, o que explica níveis baixos de resíduos gerados durante a produção agrícola, manuseio e armazenamento pós-colheita (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

4.2.1.5 *Transporte*

Além dos danos causados pela colheita, o transporte é possivelmente a principal causa dos diversos danos mecânicos que acontecem, principalmente, nos produtos hortifrutícolas. A intensidade desses problemas varia com a distância a ser percorrida, o tipo de produto transportado, a embalagem utilizada, dentre outros fatores (SOARES & JÚNIOR, 2018).

No caso do Brasil, de acordo com Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2018) mais de 60% da produção agrícola é transportada por caminhões. Além disso, o país possui uma das mais baixas densidades de malha rodoviária pavimentada do mundo.

Dos 80 mil quilômetros de rodovias federais no Brasil sob a administração do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, 57,2 mil quilômetros são pavimentados. Deste 33,7 mil (59%) estão em bom estado de conservação, conforme mostra a segunda edição do Índice de Condição da Manutenção (ICM), divulgada pelo departamento no ano de 2018. O levantamento revelou ainda que 18% das rodovias estão em estado regular; 10%, ruim e 13%, péssimo (DNIT, 2018).

Segundo levantamento da CNA, o prejuízo com o derramamento de grãos durante o transporte rodoviário, chega a R\$ 2,7 bilhões a cada safra, o que representa 10 milhões de toneladas perdidas (DANTAS, 2005).

Para Caixeta Filho (1999) as perdas no transporte rodoviário variam de acordo com as estações do ano, sendo mais intensas nas épocas chuvosas. Ademais, o mau estado de conservação das estradas brasileiras, associado às altas temperaturas, aceleram a deterioração de forma que as perdas de produtos perecíveis, como hortaliças, podem variar de 30% a 80%.

Caminhões inadequados para o transporte, sem cobertura com lonas ou sem refrigeração; o manuseio inadequado com misturas e de cargas de diferentes mercadorias no mesmo veículo; falta de proteção dos caminhões para evitar trepidações; a má qualidade dos veículos; o alto custo do frete em algumas regiões e a velocidade excessiva empregada pelos caminhões são os principais fatores que afetam a qualidade dos produtos perecíveis no Brasil (KUMMU et al., 2012; SOARES & JÚNIOR, 2018).

4.2.1.6 *Comercialização (Atacado e Varejo)*

Os principais entraves na comercialização de alimentos para os varejistas, são o manuseio inadequado devido à falta de capacitação e orientação, causando injúrias mecânicas principalmente à frutas e hortaliças; o carregamento inadequado os produtos; a não diferenciação da qualidade dos produtos, os quais são vendidos pelo mesmo preço; a falta de classificação e padronização dos produtos e o sistema de armazenamento inadequado (JÚNIOR & SOARES, 2014).

No caso de mercados atacadistas e nas Centrais de Abastecimentos (CEASAs) os principais problemas causadores da perda de alimentos são a comercialização de produtos a granel amontoados, empilhados ou até mesmo misturados entre si; a falta de treinamento adequado para manusear os alimentos; as condições higiênico-sanitárias insatisfatórias; a falta de limpeza dos produtos anteriormente à comercialização; os sistemas de refrigeração insuficientes, e o empilhamento incorreto da mercadoria (JÚNIOR & SOARES, 2014; SOARES & JÚNIOR, 2018).

Em trabalho realizado por Vilela e colaboradores (2003) em quatro supermercados de uma rede varejista do Distrito Federal foram verificadas perdas na comercialização de cenoura, tomate e pimentão, atingindo, em conjunto, o nível médio de 21% das aquisições. Levando em consideração cada produto individualmente, foram detectados, em média, níveis de perda de 12%, 30% e 20%, para cenoura, tomate e pimentão, respectivamente. Durante o estudo observou-se que os principais fatores responsáveis pelas perdas diárias de hortaliças durante o processo de comercialização foram o acondicionamento e o manuseio incorreto das mesmas por parte de funcionários e consumidores. Em relação aos preços finais praticados pelos supermercados, as perdas representaram taxas incrementais para os produtos estudados de 20,9%, 39,0% e 49,7% para cenoura, pimentão e tomate, respectivamente. Esses percentuais são integrantes dos diferenciais entre os preços de compra e os preços de venda, ou componentes de preços que os consumidores poderiam não estar pagando, caso não houvesse a ocorrência de perdas. Observou-se que, quanto mais elevado era o nível de perdas, maior a distância entre o preço de aquisição e o preço final do produto.

4.2.1.7 Consumo

O desperdício de alimentos pelos consumidores é um problema associado e relatado, principalmente, em países de alta renda. No entanto, economias emergentes enfrentam cada vez mais esse problema (FAO, 2019c).

As perdas de alimentos *per capita* e por consumidores na Europa e na América do Norte equivalem, respectivamente, a 95 e 115 kg/ano, já na América Latina esse valor é de aproximadamente 25 kg/ano, enquanto na África Subsaariana e no Sul e Sudeste da Ásia os valores caem para 6 e 11 kg/ano, respectivamente (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

Observa-se que as perdas de alimentos em países industrializados são tão altas quanto nos países em desenvolvimento, contudo nestes mais de 40% das perdas ocorrem a níveis de pós-colheita e processamento, enquanto nos países industrializados, mais de 40% das perdas de alimentos ocorrem no varejo e a nível de consumo. Em países industrializados os níveis de desperdício de alimentos por consumidores são tão elevados (222 milhões de toneladas), que quase ultrapassam os valores de produção líquida total de alimentos na África Subsaariana (230 milhões de toneladas) (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

Para o caso específico da perda de cereais são observados níveis elevados na etapa de consumo, tanto na América do Norte quanto na Europa. Dados da América Latina demonstram que cerca de 8% da perda de cereais ocorre também a nível de consumidor, o maior valor se comparado aos demais níveis da cadeia de suprimento de alimentos (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

O trigo, por exemplo, é uma cultura dominante em países com renda média e alta, sendo a fase do consumo o estágio com maiores perdas desta cultura (cerca de 40-50% do total de resíduos de cereais).

Já em regiões de renda baixa o arroz é a cultura dominante, especialmente em regiões como o Sul e Sudeste da Ásia. Para essas regiões, a produção agrícola e o manuseio e armazenamento pós-colheita são estágios da cadeia de suprimento de alimentos com níveis mais elevados de perdas, diferentemente do que ocorre no nível de consumo (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

Para o grupo de hortícola, frutas e legumes embora as perdas sejam maiores na etapa inicial da cadeia em regiões mais industrializadas como Europa, América

do Norte e Oceania, e parte da Ásia (conforme descrito no tópico 4.2.1), o descarte também é elevado ao final da cadeia, ou seja, na etapa de consumo. Para estas regiões observa-se níveis entre 15 a 30% de produtos descartados pelos consumidores (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

Já para o Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2002), observa-se uma taxa de desperdício de 20% na etapa do consumo de produtos hortícolas. Esse desperdício ocorre, muitas vezes, devido ao manuseio inadequado dos produtos por parte do consumidor no momento da escolha (JÚNIOR & SOARES, 2014). Esse manuseio causa compressão e amassamento dos produtos, ocasionando a redução da qualidade da aparência e quando não adquiridos, voltam para as gôndolas onde continuam sendo manuseados por novos consumidores (SOARES & JÚNIOR, 2018). Outros fatores como falta de planejamento de refeições, excesso de compras e mal armazenamento por parte dos consumidores estão diretamente relacionados com o desperdício desses alimentos (FAO, 2019c).

No caso da carne e derivados as perdas nas regiões industrializadas são mais altas no final da cadeia de suprimentos, isso se deve pelo grande consumo de carne *per capita* combinado à elevadas proporções de resíduos decorrente de varejistas e consumidores, especialmente na Europa e nos EUA. Os resíduos a nível de consumo representam aproximadamente metade do total de perdas de carne (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

4.3 Impactos e Pegadas Ambientais

A demanda global por alimentos tem previsão de aumento na faixa de 35% a 50% entre os anos de 2012 e 2050 como resultado do crescimento populacional e da renda. Para atender a essa demanda será necessária a utilização de mais recursos naturais, o que pode ocasionar danos ambientais consideráveis (FAO, 2019c).

Em estudo publicado pela FAO (2013) baseado nos dados publicados pela mesma instituição em 2011, demonstrou-se que a pegada global de carbono referente a perda de alimentos, excluindo as emissões decorrentes da mudança de uso do solo, é de 3,3 giga toneladas de dióxido de carbono (CO₂) equivalente, o que corresponde a cerca de 7% do total de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Já o uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos (água azul) atribuíveis aos alimentos perdidos é de aproximadamente 250 km³, representando cerca de 6% do total de captação de água no mundo anualmente (FAO, 2013, 2016). Além disso, quase 1,4 bilhões de hectares são utilizados para produção de alimentos que são posteriormente descartados, isso equivale a cerca de 30% das terras agrícolas no mundo. Embora seja difícil estimar os impactos sobre a biodiversidade em nível global, o desperdício de alimentos agrava as externalidades negativas que a monocultura e a expansão agrícola em áreas selvagens geram na perda de biodiversidade (TUBIELLO et al., 2013).

As perdas de alimentos têm três tipos de pegadas ambientais quantificáveis associadas: Emissões de GEE (pegada de carbono), pressões sobre o solo (pegada do solo) e pressões sobre os recursos hídricos (pegada hídrica). Estes podem por sua vez também afetar a biodiversidade (FAO, 2019b), contudo neste trabalho se dará maior ênfase às pegadas hídrica e de carbono.

Vale ressaltar que, segundo Veiga (2019), as chamadas “pegada de carbono”, “pegada hídrica” e “pegada do solo” referem-se a conceitos distintos da pegada ecológica. A abordagem da pegada ecológica é espacial, ou seja, “superfície, em hectares globais, que suporta certo nível de consumo dos recursos naturais renováveis”. Essa visão de área que motivou a sugestivo nome de “pegada”. Não é o que ocorre, porém, com os indicadores apresentados acima, os quais também estão sendo emblematicamente chamados de “pegadas”. Seria bem mais apropriado chamá-los de “carga”, sendo estes pesos ou volumes por ano que correspondem ao consumo de um coletivo, de um indivíduo, ou de determinado produto. O resultado da pegada de carbono é expresso em toneladas por ano, e as três pegadas hídricas (azul, verde e cinza) em litros ou metros cúbicos por ano.

A escassez hídrica mundial tem sido motivo de preocupação e discussão nos diferentes níveis da sociedade. Até o ano de 2030 as demandas globais por água doce crescerão 30%, já a disponibilidade de água deverá diminuir em 50% no ano de 2050, devido, unicamente, ao crescimento populacional, sem levar em consideração os efeitos das mudanças climáticas (RINGLER *et al.*, 2010).

Desde a irrigação das culturas e a dessedentação do gado até para uso na aquicultura, a agricultura é responsável por 69% do total de captação global de água (2.769 km³/ano), e os 31% restantes são usados para fins industriais (19%

que corresponde a 768 km³/ano) e para o abastecimento doméstico de água (12% correspondente a 464 km³/ano) (FAO, 2016).

A pegada hídrica de um produto alimentício é uma medida de toda a água doce usada ao longo da cadeia de suprimentos, para produzir e fornecer um produto para o consumidor final. A pegada hídrica consiste em três tipos de água, a saber:

- Água azul: águas subterrâneas ou superficiais;
- Água verde: chuva; e
- Água cinza: água usada para diluir a concentração de poluentes para níveis aceitáveis (TUBIELLO *et al.*, 2013).

A definição de pegada hídrica, bem como suas implicações em diferentes culturas alimentares são apresentadas de forma mais detalhada no item 4.3.1.1 deste estudo.

A maioria da água utilizada para produzir e fornecer alimentos é consumida na etapa inicial da cadeia, ainda na plantação, para fins de irrigação (FAO, 2019c). No caso do Brasil, a produção agrícola correspondente a 70% do consumo total de água no país (ANA, 2019). Um dos fatores que contribuem para o desperdício de água nesta etapa está a ineficiência da irrigação dos alimentos no campo. A área irrigável total no Brasil é da ordem de 29,6 milhões de hectares e a eficiência da irrigação, por sua vez, é de aproximadamente 60% (PALHARES, OLIVEIRA, JUNIOR, CERDEIRA, & PRADO, 2018).

Já em relação à qualidade da água observa-se que, mesmo a poluição urbana sendo a principal fonte de degradação dos corpos hídricos, a poluição de origem rural pode impactar fortemente esse recurso, principalmente, em regiões com extensas áreas agropecuárias. Dessa maneira, o risco de contaminação dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos é muito elevado. Como consequência, ocorrem prejuízos à biodiversidade aquática, à saúde humana e à economia do país (PRADO, FORMIGA JOHNSON, & MAEQUES, 2017).

A pegada do solo se refere à superfície de terra necessária para produção de alimentos. Regiões como a América Latina e o Caribe são responsáveis por 9% da pegada do solo do mundo devido à perda de alimentos (FAO, 2019a).

Até o presente momento, não existe na literatura um método totalmente aplicável para medir a totalidade da pegada do solo da produção de alimentos no mundo. Estudos como o da FAO (2019b) calcula a pegada do solo de alimentos com

base na superfície da terra necessária para produzir os alimentos. Sob essa definição, a produção primária é responsável por quase todo o uso da terra, já que outras fases do ciclo de vida de um alimento, como processamento, não ocupam superfícies substanciais de terra (FAO, 2013).

Como no caso da pegada de carbono, a pegada do solo também depende do tipo de alimento que está sendo produzido, bem como as características do sistema de produção (FAO, 2019c).

A competição por terra é projetada para se intensificar nas próximas décadas devido ao crescimento populacional, mudanças nas dietas da população e nos padrões de consumo, além da crescente demanda por bioenergia. O uso da terra é de suma importância em termos de mudanças climáticas, biodiversidade e serviços ecossistêmicos (FAO, 2019c).

Atualmente, 33% dos solos mundiais apresentam-se moderada a gravemente degradados, em razão de fatores como a erosão, salinização, acidificação e poluição química. Essas perdas sucessivas dos solos produtivos prejudicam a produção de alimentos, a segurança alimentar, amplificam a volatilidade dos preços e, potencialmente, aumentam o número de pessoas passando fome e em situação de pobreza (MARQUES FILHO, 2016).

No caso brasileiro, embora não tenha sido considerada uma prioridade nas agendas governamentais no passado (GUERRA *et al.*, 2014), a conservação do solo recebeu mais atenção recentemente, resultando no desenvolvimento de diversos sistemas de produção agrícola atualmente em uso no país. Destes, destacam-se o sistema plantio direto (SPD), sistema integrado de lavoura-pecuária (ILP) e de lavoura-pecuária floresta (ILPF) (MACHADO & SILVA, 2001). Sabe-se que o uso adequado do solo e da água na agropecuária passa ainda pelo uso eficiente de fertilizantes e redução de pesticidas, bem como ações conservacionistas visando à redução dos processos erosivos e assoreamentos dos corpos hídricos (PALHARES *et al.*, 2018).

A pegada de carbono dos alimentos refere-se a quantidade total de gases de efeito estufa (GEEs) emitida ao longo do ciclo de vida dos alimentos, expressa em dióxido de carbono (CO₂) equivalente. Esse valor inclui todos os GEEs emitidos durante a produção, transporte, processamento, distribuição e consumo; bem como as emissões geradas no descarte dos alimentos. A

América Latina e o Caribe são responsáveis por 16% da pegada de carbono global ocasionada pelas perdas de alimentos (FAO, 2019c, 2019b).

Nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, emissões substanciais de GEEs ocorrem durante a fase de produção; é nesta etapa que os insumos agrícolas são usados, o gado é criado e os solos são cultivados. As emissões se acumulam à medida que os alimentos completam seu ciclo de vida (WUNDERLICH e MARTINEZ, 2018). Por esse motivo, a pegada de carbono dos alimentos descartados no final da cadeia de suprimentos pode incorporar, significativamente, maiores níveis de emissões de GEE se comparado com as perdas no início da cadeia. Além disso, a pegada de carbono varia consideravelmente de um tipo de alimento para outro, enquanto dependem fortemente das características da produção de alimentos de cada país (FAO, 2019b).

Estima-se que emissões anuais de GEE global no setor agrícola aumentaram em média 1,6 % ao ano no período de 1961 a 2010. Em particular, na década de 2000 a 2010 as emissões agrícolas aumentaram 1,1% ao ano, alcançando 4,6 Gt CO₂ ano⁻¹ (Giga tonelada ou gt= 10¹⁵ g) (TUBIELLO *et al.*, 2013).

Um dos principais fatores que contribuem para as emissões de GEE nesse setor é o uso de energia na produção, o uso de máquinas agrícolas, fertilizantes sintéticos e produtos químicos de proteção de culturas como herbicidas, inseticidas e fungicidas. Cultivo do solo resultando em perda de matéria orgânica é outra fonte de emissão de carbono (TUBIELLO *et al.*, 2013).

Mudanças no uso e manejo das terras agrícolas influenciam direta e indiretamente o consumo de energia e emissão de GEE. A avaliação da pegada de carbono de várias atividades agrícolas pode auxiliar no desenvolvimento de uma gestão sustentável da agricultura, que não só atenderá às necessidades atuais e futuras de alimentos, serviços ecossistêmicos e vidas saudáveis; mas também integrará sustentabilidade no uso de energia (TILMAN *et al.*, 2002).

Além disso dos problemas listados, as mudanças climáticas trazem incertezas e complexidade à produção no meio rural na forma de maior variabilidade na disponibilidade hídrica e potenciais mudanças na aptidão agrícola em função de alterações na temperatura e no regime de chuvas (PRADO *et al.*, 2017).

4.3.1 Pegada Hídrica

4.3.1.1 Definição de Pegada Hídrica

O conceito de “pegada hídrica” foi inicialmente cunhado no ano de 2002 por Arjen Hoekstra na reunião sobre o comércio de água virtual realizada em Delf, Holanda, e posteriormente elaborado por Hoekstra e Chapagain (2008). É definida como o volume de água total necessário durante a produção e o consumo de bens e serviços (HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2007). Contudo, esse indicador considera não apenas o uso direto da água de um consumidor ou produtor, mas também o uso indireto desta como, por exemplo, na evapotranspiração das culturas (da SILVA, ALEIXO, NETO, MARACAJÁ, & de ARAÚJO, 2013; HOEKSTRA, CHAPAGAIN, ALADAYA, & MESFIN, 2011).

A pegada hídrica total de uma nação inclui dois componentes, a pegada hídrica interna e externa: a interna se refere ao consumo dos recursos hídricos dentro de um país, enquanto a externa se refere à apropriação dos recursos hídricos de outros países (HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2007; VAN OEL, MEKONNEN, & HOEKSTRA, 2009).

Já a pegada hídrica de um indivíduo ou comunidade pode ser estimada multiplicando-se todos os bens e serviços consumidos por seus respectivos conteúdos de água virtual (VAN OEL *et al.*, 2009).

O conceito de “água virtual” foi inicialmente introduzido por Allan (1998), o qual apresentou ao mundo um modo de calcular a água efetivamente envolvida nos processos produtivos, que antes não era contabilizada. Sendo estudado posteriormente por Hoekstra & Chapagain (2007) os quais definiram o conteúdo de água virtual de um produto (mercadoria, bem ou serviço) como o volume de água doce usada para produzir tal produto, sendo medido no local em que o mesmo foi produzido, referindo-se à soma do uso da água nas diversas fases da cadeia de produção. O termo “virtual” diz respeito ao fato de que a maioria da água usada para produzir um produto não está contida nele.

Há um comércio de água virtual que ocorre quando os produtos são comercializados de um país para o outro, por meio de *commodities* agrícolas, importando água de forma virtual e economizando, por outro lado, os recursos hídricos nacionais. Em países como Austrália, Canadá e Argentina o uso da água na agricultura de exportação é maior do que o uso da água para consumo

interno, dessa forma esses países exportam a água de forma virtual por meio de *commodities* (HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2007).

A pegada hídrica total de um indivíduo ou comunidade pode ser dividida em três componentes: azul, verde e cinza.

Mekonnen & Hoekstra (2011) definem como água azul a água escoada e percolada, posteriormente estocada em reservatórios superficiais e subterrâneos, e utilizada em processos de produção (na agricultura, e irrigação de culturas). A pegada hídrica azul refere-se ao volume de água superficial e subterrânea consumida (evaporada) como resultado da produção de um bem. O termo "consumo" refere-se a alguns dos quatro casos a seguir: i) perdas ocorridas por evaporação da água; ii) água incorporada ao produto; iii) não retorno da água para a área de captação (a água é retornada para outra bacia hidrográfica ou para o mar) e iv) não retorno da água no mesmo período (a água é retirada no período de escassez e é retornada no período chuvoso).

A água verde é aquela proveniente da chuva, sendo armazenada temporariamente no solo ou permanecendo temporariamente na superfície do solo ou vegetação, disponível para o desenvolvimento das plantas. Já a pegada hídrica verde refere-se ao consumo dessa água da chuva.

A água cinza refere-se à quantidade de água necessária para diluir uma carga de poluentes. A pegada hídrica cinza de um produto refere-se ao volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes, baseando-se nas concentrações naturais e nos padrões de qualidade de água existentes. É calculada pela divisão entre a carga de poluentes pela diferença entre a máxima concentração aceitável para aquele poluente específico e sua concentração natural naquele corpo de água a qual assimila o poluente (da SILVA *et al.*, 2013). A pegada hídrica de um produto expressa pelo volume de água utilizada para produzir tal produto por unidade de produto (geralmente em $\text{m}^3 \text{ton}^{-1}$), medida ao longo da cadeia de produção; é a soma das pegadas hídricas das etapas do seu processo produtivo (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2011b).

A pegada hídrica de um consumidor é calculada pela soma de suas pegadas hídricas direta e indireta. A pegada hídrica direta (uso direto) se refere ao consumo e à poluição da água que é realizado diretamente pelo consumidor, como a utilização de água para regar um jardim ou para limpar a casa; já a pegada hídrica indireta (uso indireto) corresponde ao consumo e à poluição de

água que ocorre na produção de bens e serviços utilizados pelo consumidor, como a água utilizada na fabricação de roupas, papel, eletrônicos e alimentos. O uso indireto da água é calculado multiplicando-se todos os produtos consumidos por suas respectivas pegadas hídricas (da SILVA *et al.*, 2013).

Cabe salientar que o conceito de pegada hídrica difere da restrita mensuração de retirada de água. O conceito do termo “água virtual” refere-se ao volume de água contida em um produto, enquanto o termo “pegada hídrica” refere-se não apenas ao volume, mas ao tipo de água que foi utilizada (água verde, azul e cinza), em qual momento essa água foi usada. A pegada hídrica de um produto é, portanto, um indicador multidimensional, ao passo que o teor de “água virtual” ou “água embutida” é apresentada apenas como medida de volume (HOEKSTRA & HUNG, 2005).

Além disso, os indicadores utilizados pela pegada hídrica se baseiam no uso e na poluição da água para a produção de bens e serviços, atrelando o consumo local de recursos hídricos com o uso global. Esse conceito difere da medida clássica de “água retirada” em três aspectos (HOEKSTRA, 2009):

1. Não se restringe à utilização da água azul, mas leva em conta a utilização da água verde e azul;
2. Não é restrita ao uso direto da água, incluindo também o uso indireto;
3. Não inclui o uso da água azul na proporção em que a água é devolvida para o local de onde veio.

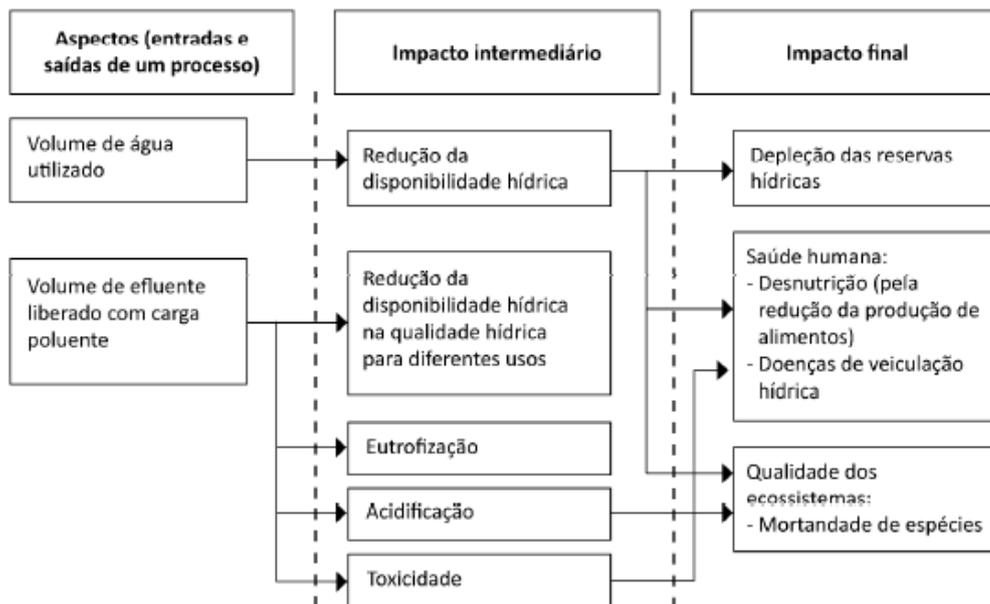
A pegada hídrica oferece, assim, uma perspectiva melhor e mais ampla de como um consumidor ou produtor se relaciona com o uso de água doce. Contudo, o termo não se relaciona a uma medida de severidade do impacto ambiental local do consumo e poluição da água. O impacto ambiental local depende da vulnerabilidade do sistema local de água e do número de consumidores e poluidores de água que fazem uso do mesmo sistema. Porém, a avaliação da pegada hídrica pode ajudar a entender como as atividades e os produtos se relacionam com a escassez e a poluição da água, alocação sustentável e equitativa da água (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2011b).

4.3.2 Impactos ambientais relacionados a Pegada Hídrica

A avaliação de impactos ambientais em estudos de pegada hídrica se refere aos efeitos relacionados ao consumo e à degradação da qualidade da água

provenientes, muitas vezes, da liberação de carga de poluentes nos recursos hídricos, lançados de forma pontual (como por exemplo os efluentes provenientes do tratamento de esgoto industrial) ou difusa (efluentes agrícolas). Esses poluentes podem reduzir a qualidade da água requerida para devidos fins com a dessedentação humana e animal, uso na agricultura, lazer e abastecimento. Além disso, outros impactos negativos como eutrofização, acidificação e toxicidade da água podem ser causados pelo lançamento desses efluentes causando, assim, impactos à biodiversidade dos ecossistemas e efeitos sobre a saúde da população local (Figura 1) (FIGUEIREDO et al., 2017).

Figura 1. Cadeia de causa e efeito ambiental relacionada ao uso de água.



Fonte: FIGUEIRÊDO et al. (2017) adaptado de BAYART et al. (2010) e KOUNINA et al. (2013).

Em estudo realizado por Kummu e colaboradores (2012) foram apresentadas estimativas das perdas globais de fornecimento de alimentos e os recursos utilizados para produzi-los. No total 62% da água de irrigação é utilizada para produzir produtos como: raízes e tubérculos, sementes e leguminosas, oleaginosas, frutas e vegetais, e cereais; enquanto 14% é utilizada para produção de ração. As sementes e outros usos representam apenas 5% do uso total. A alimentação da população é responsável por mais de 20% do total do uso de água em três regiões do mundo, sendo elas Europa, África do Norte e Ásia Central-Occidental; América do Norte e Oceania, enquanto a África e Sul e Sudeste da Ásia é responsável por apenas 4 a 7%.

O volume total de água doce usado para produzir os produtos citados acima, direcionados à alimentação humana, é de 723 km³/ano. Deste volume, aproximadamente 76% são utilizados para alimentação humana e 24% são perdidos ao longo da cadeia de suprimento de alimentos. As maiores perdas em relação ao uso total de água estão na América Latina (34%) e na América do Norte e Oceania (35%), e as menores no sul e sudeste da Ásia (18%) (KUMMU *et al.*, 2012).

4.3.3 Uso da água e a Pegada hídrica global na agropecuária

Atualmente o setor agrícola é o maior consumidor de água doce disponível no mundo, com cerca de 70% das retiradas de água azul dos cursos de água e das águas subterrâneas (MOLDEN, 2007). Segundo Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos, estima-se que no mundo aproximadamente 80% de todas as terras cultivadas dependem das chuvas, e cerca de 60% dos alimentos são produzidos em terras regadas apenas por águas pluviais (UNESCO, 2019). A retirada de água mundial aumentou em quase sete vezes no século XX, entre outros fatores, pelo aumento do uso de terras irrigadas (GLEICK, 2000) impulsionado pelo rápido crescimento populacional e aumento da demanda por alimentos.

A irrigação fornece aproximadamente 40% de toda a comida produzida, cerca de 300 milhões de hectares em todo o mundo. Com a expectativa da população mundial alcançar mais de 9 bilhões de pessoas no ano 2050, acredita-se que a demanda global futura por alimentos aumente cerca de 70%, implicando em um aumento de 11% no uso de água para irrigação (TURRAL, 2011).

De acordo com o System of Environmental-Economic Accounting for Water - SEEA-Water (2019) as retiradas de água são definidas como os volumes captados pelos setores da economia diretamente do meio ambiente, englobando a retirada para demanda própria ou abastecimento de outros setores. A agricultura irrigada é responsável atualmente por 69% de toda a água retirada para uso no mundo, podendo chegar até 90% em algumas regiões áridas. Se comparada com outros setores como abastecimento de água e saneamento, e uso industrial; a agricultura oferece o menor retorno econômico por unidade de água (TURRAL, 2011).

Da área total de terra no mundo (aproximadamente 13 bilhões de hectares) cerca de 1,5 bilhão de hectares são utilizados para cultivo (12%) e outros 27% são gerenciados como pastagens para a produção animal. Estima-se que o uso total de água na produção agrícola (evapotranspiração) tenha atingido 7.130 km³ no ano 2000 (FRAITURE, 2005 apud TURRAL, 2011).

Prevê-se uma expansão global de 29% de área cultivada até 2050, e um aumento da área irrigada na ordem de 23%, passando de 244 milhões de hectares em 1989 para 318 milhões no ano de 2050 (BRUINSMA, 2009).

Segundo estudos realizados por Rockstrom, Lannerstad, & Falkenmark (2007) sob os níveis atuais de produtividade da água (WP) na agricultura (definida como m³ de fluxo de vapor por tonelada de peso seco comestível de alimento, m³/t⁻¹), considerando as variações na composição atual da dieta em nível de país e as estimativas atuais WP, estima-se que são necessários 4.500 km³ de água (como fluxo de vapor) para produção de alimentos nos 92 países em desenvolvimento (de uma estimativa global de 6.800 km³ / ano para a produção mundial de alimentos), dos quais 1.800 km³ ano são originários da agricultura irrigada e 5.000 km³ ano da agricultura alimentada por águas pluviais. Estimam também que a água necessária para a produção de alimentos no mundo teria que dobrar dos atuais 4.500 km³ de água por ano, para cerca de 9.660 km³/ ano em 2050, agravando assim o problema de escassez hídrica que já enfrentam alguns países.

Estimativas semelhantes podem ser observadas em resultados disponibilizados pelo IWMI- International Water Management Institute, os quais indicam que a quantidade de água consumida pela agricultura aumentará em 70% a 90% até 2050 (MOLDEN, 2007).

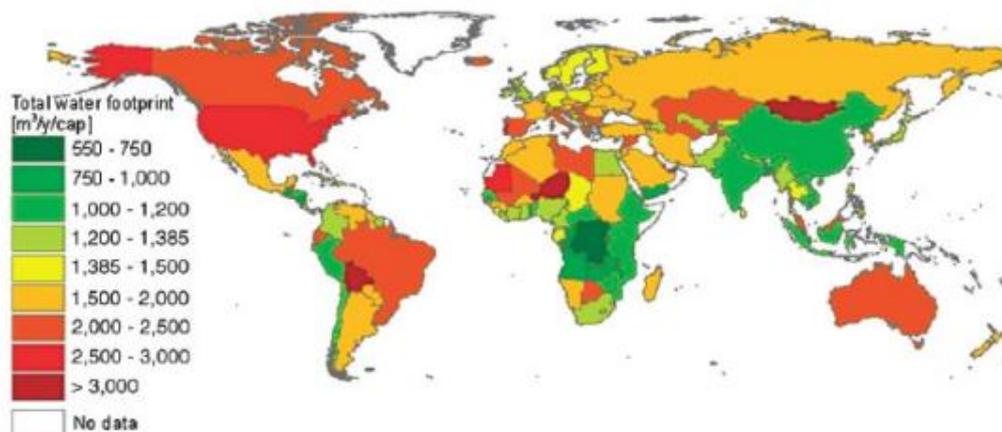
O uso intensivo de água pode levar ao esgotamento dos aquíferos, podendo acarretar em externalidades ambientais negativas, levando a um impacto econômico significativo no setor agrícola. Além dos impactos causados por cultivos agrícolas, as atividades pecuárias também causam diversos impactos dentre eles, a poluição dos cursos d'água e das águas subterrâneas devido ao escoamento de fertilizantes agrícolas, ao uso de pesticidas e à contaminação por efluentes provenientes dos animais (OECD, 2019).

Para se determinar a pegada hídrica de um país é necessário observar quatro principais fatores, sendo eles:

1. O volume de consumo (em relação ao Produto Interno bruto - PIB);
2. O padrão de consumo (por exemplo, alto e baixo consumo de carne);
3. As condições climáticas (condições de crescimento das culturas agrícolas) e;
4. Práticas agrícolas (uso eficiente da água).

A pegada hídrica média global relacionada ao consumo, entre o período de 1996 a 2005, foi de 1.385 m³ /ano *per capita* (Figura 2). Os países industrializados apresentam uma pegada hídrica entre 1.250 e 2.850 m³ /ano *per capita*, enquanto os países em desenvolvimento mostram uma variação maior entre 550 e 3.800 m³ /ano *per capita* (GIACOMIN & JUNIOR, 2012).

Figura 2. Pegada hídrica média nacional per capita (m³/ano per capita) no período de 1996 a 2005. Países em verde tem a pegada hídrica média menor que a média global e os países em amarelo e vermelho têm pegada hídrica média acima da média global.



Fonte: (HOEKSTRA e MEKONNEN, 2012).

Outro fator que influencia no aumento dos valores de pegada hídrica é o consumo de água por unidade de produto, por país. Pode-se observar na Tabela 1 que nos EUA a pegada hídrica média de um quilo de carne bovina consumida é de 14.500 m³/toneladas, enquanto no Brasil essa pegada é de 1.9400 m³/toneladas. Em contrapartida no Reino Unido essa pegada é de 9.900 m³ /toneladas. Já na Bolívia constata-se um elevado consumo de carne, cerca de 1,3 vezes maior que a média global (9 kg/pessoa/ano), com a pegada hídrica por tonelada de carne sendo cinco vezes maior que a média (GIACOMIN & JUNIOR, 2012).

Tabela 1. Relação entre Consumo de carne, Pegada Hídrica da carne por país e Pegada Hídrica por país.

País	Consumo de carne (Kg/pessoa/ano)	Pegada Hídrica da carne (m ³ /ton)	Pegada Hídrica por habitante (m ³ /ano per capita)
EUA	43	14.500	2.842
Brasil	32	19.400	2.027
México	23	17.500	1.978
Reino Unido	18	9.900	1.258
Ucrânia	10	12.600	1.575
China	5	13.700	1.071
Bolívia	12	77.000	3.468
Média Mundial	9	15.400	1.385

Fonte: Adaptada de MEKONNEN e HOEKSTRA (2011) e ROPPA (2006).

A pegada hídrica de um animal é calculada com base na pegada hídrica de sua alimentação, bem como de toda a água consumida durante sua vida para atividades como dessedentação e higiene (da SILVA et al., 2013). A pegada hídrica total do animal é dividida em vários subprodutos derivados, observa-se na Tabela 2 abaixo a pegada de alguns produtos de origem animal.

Tabela 2. Pegada Hídrica médias de produtos de origem animal.

Produtos de Origem Animal	Volume de água (L kg ⁻¹)
Couro bovino	16.600
Carne de boi	15.500
Carne de carneiro	6.100
Queijo	5.000
Porco	4.800
Leite em pó	4.600
Carne de cabra	4.000
Galinha	3.900
Ovos	3.300
Leite	1.000

Fonte: Adaptada de HOEKSTRA et al. (2011).

No caso da carne vermelha leva-se em média três anos para abater um animal e produzir 200 kg de carne desossada. Ao longo desse período o animal consome aproximadamente 1.300 kg de ração, 7.200 kg de forragem, 24 m³ de água para dessedentação e 7 m³ de água para limpeza geral, ou seja, para cada quilograma de carne desossada, são utilizados 6,5 kg de ração, 36 kg de forragem e 155 litros de água para dessedentação no sistema de criação de gado confinado (HOEKSTRA, CHAPAGAIN, ALDAYA & MEKONNEN, 2011 a). Vale

ressaltar que esses valores variam de acordo com a sistema de criação do animal.

Da mesma forma, de acordo com Kummu e colaboradores (2012) os produtos de origem animal têm uma pegada hídrica maior por tonelada de produto se comparados aos produtos agrícolas. A pegada hídrica por grama de proteína de carne bovina é 6 vezes maior que este valor para leguminosas.

Vale salientar que a pegada hídrica da carne bovina varia de acordo com a região de produção, da composição da ração e da origem dos elementos que a compõem (forragem e grãos). Em termos gerais a pegada hídrica da carne bovina obtida em sistemas industriais (água de irrigação - água azul) é menor do que a obtida em sistemas com pastagens (corresponde à água verde, por meio da qual as pastagens se desenvolvem) (HOEKSTRA *et al.*, 2011; GIACOMIN & JUNIOR, 2012).

Kummu e colaboradores (2012) demonstraram que durante o período de 1996 a 2005, a pegada hídrica total para a produção animal global foi de 2.422 Gm³ por ano (87,2% de água verde, 6,2% água azul e 6,6% água cinza), o que constitui 29% da pegada hídrica da produção agrícola total. A maior parcela da pegada hídrica para a produção animal vem dos alimentos que eles consomem, representando 98% da pegada total.

A pegada hídrica global da produção de alimentos para animais é de 2.376 Gm³/ano, dos quais 1.463 Gm³/ano se referem a culturas e o restante para pastagem. A pegada hídrica total das culturas de ração equivale a 20% da pegada hídrica da produção total de culturas no mundo, que é de 7.404 Gm³/ano (MEKONNEN E HOEKSTRA, 2010b). A pegada hídrica azul global agregada na produção de ração é de 105 Gm³/ano, o que representa 12% da pegada hídrica azul da produção total de culturas no mundo (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2011a). Isso significa que cerca de 12% do consumo global de águas subterrâneas e superficiais para irrigação é voltada para ração animal.

Já em relação à pegada hídrica total da produção agrícola de alimento Mekonnen & Hoekstra (2011 b) relataram um total de 7.404Gm³ por ano (78% água verde, 12% água azul e 10% água cinza) para o período compreendido em 1996 a 2005. O trigo apresentou a maior participação no volume total, consumindo 1.087Gm³, seguido pelo arroz (992Gm³) e milho (770Gm³).

A pegada hídrica média global de água azul relacionada à produção agrícola segundo o estudo foi de 899Gm³/ano, sendo o trigo (204 Gm³/ano) e arroz (202 Gm³/ano) as culturas que possuem a maior pegada hídrica azul, representando 45% da pegada hídrica azul global (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2011b).

Para a pegada hídrica verde global os autores apresentaram um total de 5.771Gm³/ano, dos quais as culturas alimentadas por águas pluviais usaram 4.701Gm³/ano e as culturas irrigadas 1.070Gm³/ano. Já a pegada hídrica de água cinza relacionada ao uso de fertilizante nitrogenado no cultivo foi de 733Gm³/ano. O trigo (123Gm³/ano), milho (122Gm³/ano) e arroz (111Gm³/ano) apresentam grandes pegadas hídricas cinza, representando juntos cerca de 56% da pegada hídrica cinza global (MEKONNEN e HOEKSTRA, 2011b).

Num panorama mundial, um total de 86,5% da água consumida na produção agrícola se refere à água verde, mesmo se tratando de agricultura irrigada. Já a participação da pegada hídrica azul é maior nas regiões áridas e semi-áridas. Os autores ressaltam que as pegadas hídricas das culturas podem variar entre países e regiões no mundo. Isso se deve principalmente às diferenças no rendimento dessas culturas.

Dessarte, entender a importância da pegada hídrica é fundamental para desenvolvimento de um olhar crítico quanto a utilização da água e para a compreensão de que a maior parte da água consumida por um indivíduo é proveniente de produtos que ele utiliza e consome (GIACOMIN & JUNIOR, 2012).

4.3.4 Pegadas ambientais ao longo da cadeia

As pegadas do solo, hídrica e de carbono são afetadas diferentemente pela perda de alimentos, dependendo do produto alimentar, como ele é produzido, e o estágio na cadeia de suprimento de alimentos onde ocorre o descarte. As pegadas do solo e hídrica dos alimentos estão concentradas no estágio primário de produção, embora quantidades significativas de água também podem ser utilizadas durante o processamento, enquanto os GEEs podem ocorrer e acumular-se ao longo toda a cadeia de suprimentos, sendo maiores nos estágios associados ao varejo e consumo (FAO, 2019b).

Dessa forma, até que ponto os diferentes produtos alimentares contribuem para a perda de alimentos, e qual é a pegada ambiental destes?

A resposta a essa pergunta pode variar significativamente entre países e regiões devido a diferenças na produção, sistemas de suprimento e condições socioeconômicas, dependendo também da dimensão ambiental em análise. Por exemplo, enquanto cereais e leguminosas podem exigir quantidades significativas de água, o mesmo pode não ocorrer no caso de demanda por solo. Vale salientar que a redução das perdas de alimentos melhora a eficiência no uso dos recursos e permite que mais alimentos alcancem consumidores usando a mesma quantidade destes. No entanto, melhorias na eficiência no uso de recursos não necessariamente significa que menos recursos serão utilizados, tão pouco significa menores emissões de GEEs. Esses impactos dependem de como a redução de perdas de alimentos influencia nos preços dos alimentos e, portanto, na oferta e na demanda destes (FAO, 2019 b).

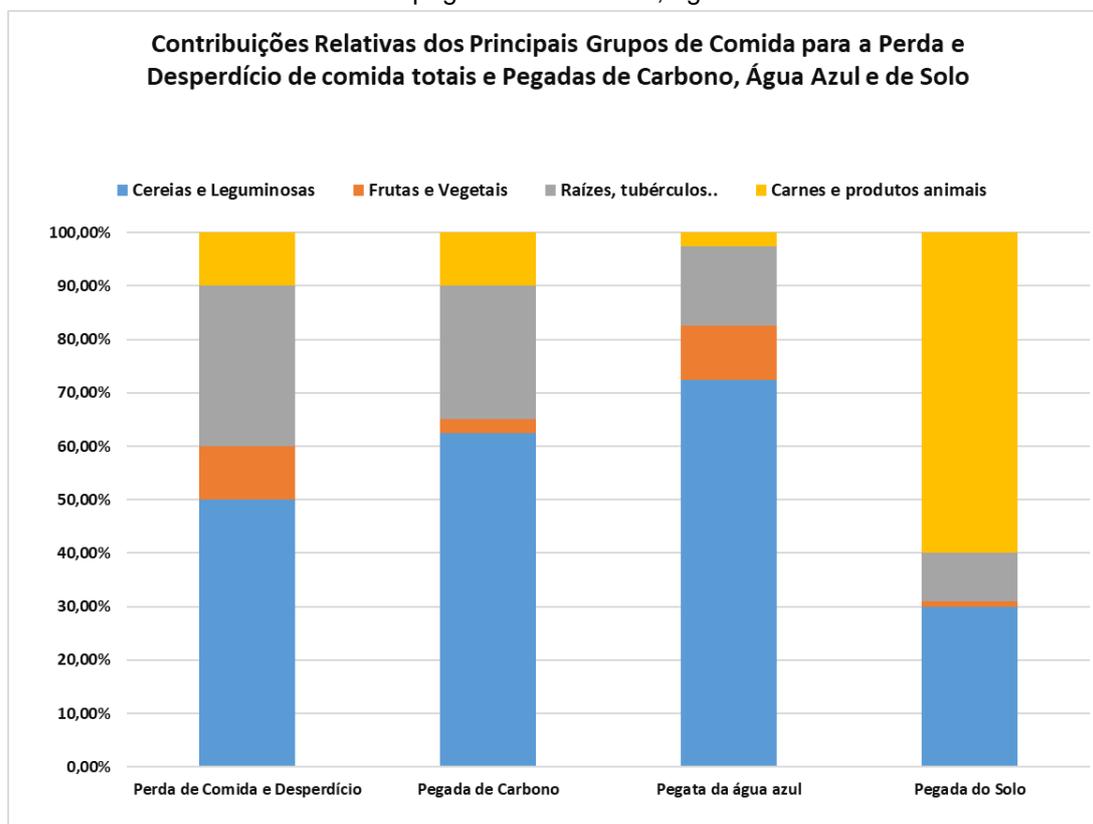
Para responder a essa pergunta, e a fim de reduzir o impacto ambiental da perda de alimentos, deve-se considerar primeiramente as dimensões que se deseja atingir (carbono, solo ou água) e quais produtos alimentares contribuem mais para essa pegada ambiental, quando perdidos ou desperdiçados. A Figura 3 a seguir fornece estimativas do valor relativo da contribuição dos principais grupos alimentares (cereais e leguminosas; frutas e vegetais; raízes, tubérculos e oleaginosas; carne e produtos animais) para a perda global de alimentos em termos de quantidades, bem como associados às pegadas de carbono, água azul e solo.

Observe que a pegada hídrica azul considera apenas o estágio primário de produção, ignorando a água usada durante o processamento. As estimativas incluem perda na etapa de pós-colheita nas propriedades rurais até o nível de varejo, excluindo o consumo (as perdas nas etapas pré-colheita e colheita também são excluídas) (FAO, 2019 b).

Conforme ilustrado, os cereais e leguminosas representam a maior parcela de perda de alimentos em quantidade; seguidos das raízes, tubérculos e culturas oleaginosas; e frutas e vegetais. A contribuição da carne e produtos animais para a perda global de alimentos é relativamente pequena, no entanto, sua contribuição para a pegada do solo se mostra bem elevada, sendo responsáveis por mais de 60% da pegada total de solo. Isso ocorre pelo fato de que produção pecuária requer quantidades substanciais de terras agrícolas para produzir ração animal ou para pastagem. Dessa forma, o enfoque nesse grupo de produtos se

faz importante, afim de reduzir a pegada do solo da perda de alimentos (FAO, 2019 b).

Figura 3. Contribuições relativas dos principais grupos alimentares para o total da perda de alimentos e suas pegadas de carbono, água azul e de solo.



Fonte: Adaptado de FAO (2019 b) - " *The state of food and agriculture- moving forward on food loss and waste reduction*".

Para análise de escassez hídrica, a fim de reduzir as pegadas ambientais dos alimentos, faz-se necessário dar enfoque para grupos como cereais e leguminosas, seguidos por frutas e vegetais. Juntos, essas duas categorias representam quase 90% da pegada hídrica da perda total de alimentos. Esse percentual reflete o fato de que uma parcela significativa da água de irrigação é usada para produzir essas culturas, especialmente trigo, arroz e milho (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2011).

O setor pecuário contribui relativamente pouco para a pegada hídrica azul associada à perda de alimentos. Isso pode ser explicado pelo fato de que os dados sobre perda se concentram, principalmente, na pegada do leite e de ovos (FAO, 2019 b). As pegadas médias globais de água azul para o leite são estimadas em 86 m³ por tonelada, 244 m³ por tonelada de ovos e 550 m³ por tonelada de carne bovina (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2010). Outra explicação possível é que a pegada hídrica média de água azul para carne e produtos

animais considera pegada dos sistemas pecuários que não utilizam grãos irrigados.

Já a pegada de carbono por tonelada de carne e produtos de origem animal é considerada relevante, devido ao fato das emissões de metano por ruminantes como bovinos, ovinos e caprinos responderem por boa parte das emissões de GEEs agrícolas equivalentes de CO₂ (FAO, 2019 b).

De fato, embora todos os estágios da cadeia de suprimento de alimentos ofereçam escopo para mitigar os impactos ambientais da perda e desperdício de alimentos, a extensão desse escopo nos vários estágios da cadeia de suprimentos varia de acordo com o nível de desenvolvimento econômico de um país e com sua dimensão ambiental. Portanto, as medidas que visam reduzir a pegada de carbono não devem, em princípio, ser a mesmas que a que visam reduzir a escassez de água ou a degradação do solo. De fato, as emissões de GEE embutidas em um produto alimentar tendem a aumentar à medida que o produto se move ao longo da cadeia de suprimentos, sendo mais pronunciada ao final da cadeia (consumo). A acumulação é muito menos pronunciada para pegadas do solo e hídricas, uma vez que a maior parte do impacto ambiental ocorre na fase de produção agrícola (FAO, 2019 b).

4.4 Cadeias AGRO no Brasil: uso da água, perda e desperdício de alimentos

4.4.1 Uso da água na agropecuária brasileira

O Brasil possui uma ampla reserva de recursos naturais, dentre eles o país apresenta uma pronunciada disponibilidade hídrica tanto superficial, quanto subterrânea. Devido ao crescimento continuado da demanda global por bens e serviços, há um evidente aumento da pressão sobre os recursos ambientais brasileiros e conseqüente risco de impactos econômicos e sociais negativos (ANA, 2018).

Segundo o Banco Mundial, o Brasil detém 13,22% de todo recurso hídrico mundial, ficando no topo dos países que mais possuem recursos renováveis de água doce no mundo.

Grandes desafios se verificam no que tange à conservação dos ecossistemas aquáticos como impactos negativos decorrentes de um uso e ocupação desordenada em ambientes urbanos, do uso inadequado do solo e da água no

meio rural, do baixo percentual de coleta e tratamento de efluentes domésticos, das mudanças climáticas globais que tornam mais frequentes e agravam os eventos de cheias e secas e que afetam o consumo de água. As atividades econômicas também são afetadas por esses impactos e acabam tendo seus processos decisórios fortemente influenciados por esse contexto (ANA, 2018).

Os valores totais de retirada de água (de todas as atividades econômicas e das famílias) para o país, no período de 2013 a 2015, corresponderam a 3,0 milhões de hm³/ano (hm³ corresponde a 1 milhão de m³), com as maiores vazões observadas em 2015 e menores no ano de 2013 (ANA, 2018).

As atividades econômicas relacionadas a eletricidade e gás apresentaram as maiores captações de água no país, para o período já relatado, correspondendo a 97% das vazões captadas pelas atividades econômicas. Estes valores contemplam as vazões utilizadas para produção de energia em usinas hidrelétricas e as vazões captadas utilizadas nas usinas termelétricas sendo, por essa razão, tão elevadas. Com relação às demais atividades econômicas destacam-se os significativos volumes retirados da agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura; além da água e esgoto, com retiradas para o período na ordem de 31 mil hm³/ano e 48 mil hm³/ano, respectivamente, correspondendo aos setores que concentram as maiores demandas hídricas no país, sendo elas irrigação e abastecimento humano (ANA, 2018).

Com relação as atividades agropecuárias no país, tem-se um aumento nos volumes captados a partir de 2013, atingindo um pico de 32,5 mil hm³/ano (2015), com um consumo de total de 23,7 mil hm³/ano também em 2015 (ANA, 2018).

Estima-se que na década de 1960 haviam 462 mil hectares (ha) irrigados no Brasil, já no ano de 2015, o país atingiu a marca de 6,95 milhões de hectares (ANA, 2017). Embora esse aumento na utilização da irrigação na agricultura possa trazer problemas como o aumento da uso da água e com ela as crises, sobretudo na oferta de alimentos e de água potável, intensificando-se os riscos de perda da qualidade hídrica (ERCIN & HOEKSTRA, 2014); alguns benefícios são observados sendo eles: o aumento da produtividade agrícola, a redução de custos para produção unitária, a otimização de insumos e equipamentos, aumento na oferta de alimentos e da segurança alimentar e nutricional da população e abertura de novos mercados (inclusive o exterior) (ANA & EMBRAPA, 2016; ANA, 2017).

4.4.2 Problemática da perda e desperdício de alimentos no Brasil

O Brasil se enquadra como um dos maiores produtores mundiais de alimentos devido a questões climáticas favoráveis e suas terras férteis, porém, em contrapartida, uma grande parte da produção agrícola do país é desperdiçada. São aproximadamente 35%, o equivalente a 10 milhões de toneladas, que são descartadas anualmente (FAO, 2014).

Em relação às perdas pós-colheita no Brasil, produtos como hortaliças apresentam elevado nível de perda, variando de 20% a 50% (EMBRAPA, 1997; KADER, 2002; VILELA *et al.*, 2003). As principais razões dessas perdas encontram-se em práticas inadequadas de produção e no desconhecimento de técnicas adequadas de manuseio pós-colheita (EMBRAPA, 1997). Estas perdas ocorrem de forma quantitativa (redução no total produzido) e qualitativamente (redução da qualidade dos produtos), podendo variar bastante de acordo com as estações do ano e com as áreas de produção que apresentam maior ou menor tecnificação. Dentre as principais causas, destacam-se o manuseio inadequado no campo, embalagens impróprias, os veículos supercarregados, a comercialização de produtos a granel, o excesso de toques nos produtos por parte dos consumidores e o acúmulo de produtos nas gôndolas de exposição no varejo (SOARES & JÚNIOR, 2018).

Costa e colaboradores (2012) verificaram que na etapa de pós-colheita, onde ocorrem as maiores perdas de produtos agrícolas, elementos podem ser empregados como parâmetros para análise de custo/benefício a ser utilizada na definição de políticas públicas, visando investimentos em infraestrutura de armazenamento, transporte e capacitação dos trabalhadores.

Além disso, existem custos ambientais associados as perdas após a colheita. Esses custos incluem a perda de toda a energia e insumos utilizados na fase de produção (água, solo, vegetação, combustível, adubos, defensivos), distribuição (embalagens, transporte) e armazenamento. Ademais, os alimentos depositados em aterros sanitários, ou simplesmente descartados no ambiente, produzem metano, um gás de efeito estufa 23 vezes mais potente do que dióxido de carbono (LIPINSKI *et al.*, 2013), aumentando, assim, os custos ambientais.

A redução das perdas pós-colheita é de suma importância para a sustentabilidade do meio ambiente, para a maior eficiência do uso da água, dos

insumos agrícolas, para o uso sustentável da energia gasta na produção de alimentos no campo (SOARES & JÚNIOR, 2018), e uso do solo de maneira mais racional.

Dessa maneira, devem-se intensificar estudos visando reduzir as perdas e o desperdício de alimentos, como forma de aumentar a oferta de alimentos, otimizando os custos de produção e reduzindo os impactos ambientais (SOARES & JÚNIOR, 2018), visando a segurança alimentar para milhares de pessoas que ainda são protagonistas da fome no país.

Embora essa realidade ainda esteja presente no dia a dia de muitos brasileiros, o país saiu do mapa mundial da fome. O indicador da população em desnutrição caiu de 11,9% entre 1999-2001 para menos de 2,5% no período de 2008-2010 (FAO, 2019a). Já o índice de insegurança alimentar grave, medido pelo IBGE nas Pesquisas Nacionais por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2004, 2009 e 2013, teve diminuição significativa nos últimos anos, passando de 6,9% em 2004 para 3,2% em 2013.

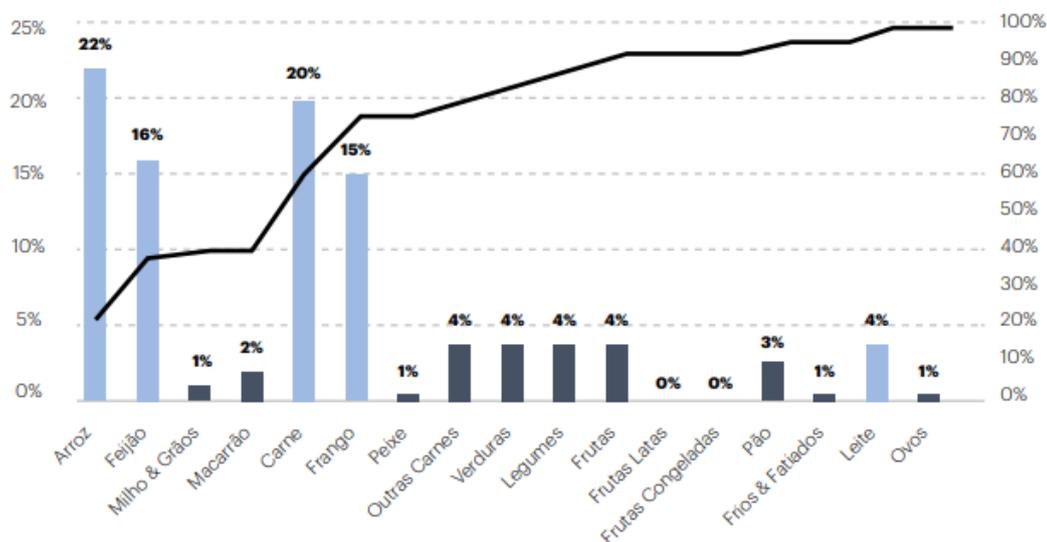
No que tange a problemática do desperdício de alimentos, o Brasil apresenta características de países desenvolvidos e países em desenvolvimento pois, devido ao contraste socioeconômico entre as regiões do país, existem perdas concentradas no início da cadeia, devido a problemas na pós-colheita, logística, transporte e infraestrutura, bem como problemas no final da cadeia, onde o país apresenta um alto desperdício de alimentos pelos próprios consumidores após a compra ou o preparo (LANA, 2018).

Um estudo realizado por meio de um consórcio entre União Europeia e Brasil, revelou que um total de 41,6 quilos de comida são descartados por pessoa a cada ano no Brasil. Diariamente 114 gramas são descartadas por pessoa no país, representando um desperdício anual de 41,6 kg. O desperdício reportado nas famílias brasileiras é composto por restos alimentares, sobras de alimentos resultantes do preparo excessivo em quantidades não planejadas, armazenamento inadequado e com sobras de alimentos não utilizados posteriormente (PORPINO, LOURENÇO, ARAÚJO, & BASTOS, 2018).

Entre a lista dos alimentos mais descartados estão o arroz (22%), a carne bovina (20%), o feijão (16%) e o frango (15%), presentes nas refeições da maior parte da população. O arroz e o feijão são dois dos principais ingredientes da família brasileira, representando 38,6% do descarte ou 88,1 g / dia / domicílio (Figura 4).

Já as hortaliças (4%) e frutas (4%) são descartadas em menor quantidade relativa ao volume total (PORPINO et al., 2018).

Figura 4. Percentual de desperdício por grupo alimentar (% sobre o total desperdiçado pelas famílias).



Fonte: PORPINO, LOURENÇO, ARAÚJO, & BASTOS (2018).

Ainda segundo o estudo as variáveis sociodemográficas como a renda e idade não explicam a diferença entre os níveis maiores e menores de desperdício. Os fatores comportamentais, tais como valorizar a fartura (52%) desde a compra até o preparo do alimento, a importância de o alimento estar sempre fresco (77%) e a importância que a despensa esteja cheia (68%) são alguns dos fatores que colaboram para o alto desperdício no país (PORPINO et al., 2018).

Apenas na categoria hortaliças a renda é uma variável que explica significativamente a diferença entre os volumes desperdiçados. As classes A e B têm maior tendência a desperdiçar hortaliças e frutas, devido as classes de menor renda consumirem poucos destes alimentos (PORPINO et al., 2018).

4.4.2.1 *O prato do brasileiro*

O presente trabalho tem como foco os três principais componentes do prato tradicional brasileiro: o arroz, o feijão e carne bovina. As motivações são diversas, dentre elas o Brasil ser um dos maiores produtores e consumidores desses alimentos no mundo, bem com a relevância destes no cenário agropecuário nacional e internacional, e os impactos sobre os recursos hídricos devido à produção e o consumo destes alimentos.

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como o principal alimento de mais da metade da população mundial (CONAB, 2015). Os brasileiros consomem cerca de 25 quilogramas de arroz por ano (BRASIL, 2015). Além do abastecimento para demanda interna, parte da produção brasileira é exportada para países da África e América Latina. Atualmente, no Brasil, o arroz ocupa o terceiro lugar em área cultivada com culturas anuais (CONAB, 2015a).

Existem dois tipos de produção de arroz, em regime de sequeiro (ou de terras altas) e por irrigação. A produção em regime de sequeiro depende essencialmente do regime pluvial, uma vez que há ocorrência de estresses hídricos durante o ciclo e, em especial, no estágio de florescimento/enchimento dos grãos, podendo comprometer a produtividade da cultura. Em estados como o Acre, Bahia, Espírito Santo, Maranhão e Goiás a produção de arroz em áreas de sequeiro ocorre em menor quantidade e, muitas vezes, são utilizados para abastecimento local. Já a produção de arroz irrigado ocorre em várias regiões do país como Goiás, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, dentre outros estados; dominando o cenário nacional desde a década de 1970 devido à preferência do grão longo-fino, proveniente do cultivo irrigado (CONAB, 2015).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA (2016) e Agência Nacional de Águas- ANA (2017) o estado do Rio Grande do Sul, desde o ano de 1996 é um dos principais estados irrigantes do país, apresentando-se como o maior polo produtivo de arroz do Brasil. A rizicultura irrigada no Brasil ocorre principalmente nos estados de Tocantins (5% da área total irrigada), Santa Catarina (10%) e Rio Grande do Sul (78%) (ANA & EMBRAPA, 2016).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento- Conab a produção de arroz estimada para o ano agrícola 2017/2018 é de aproximadamente 12 milhões

de toneladas, com 1.966,7 mil hectares de área plantada e produtividade de 6.114 kg/ha. Já o consumo interno desse grão, para o mesmo período, foi de 12 milhões toneladas/ano (CONAB, 2018b).

O feijão é parte da dieta diária do brasileiro, sendo composto por alto teor de proteínas e aminoácidos essenciais, além de ser uma boa fonte de carboidratos, vitaminas e minerais (como potássio, fósforo, ferro, cálcio e magnésio) (CONAB, 2018a). É considerado uma cultura atípica por apresentar três safras anuais. A safra das águas, ou 1ª safra, é plantada nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Tocantins e Rondônia, sendo cultivado entre os meses de agosto a novembro. A safra da seca, ou 2ª safra, ocorre nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e em único período de plantio no Norte, sendo realizada entre os meses de dezembro a abril. Já a safra de 3ª época, também designada como safra irrigada, de inverno ou 3ª safra, acontece com o feijão comum cultivado entre os meses de abril a julho, no centro-sul do Brasil (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2013).

Por ser uma cultura de ciclo curto, o feijão possibilita o plantio em até três momentos durante a temporada, na busca pelo equilíbrio no abastecimento. A produção brasileira de feijão para a safra 2017/18 chegou ao patamar de 3.308 milhões de toneladas para feijão comum cores, preto e caupi (CONAB, 2018a). O comércio mundial do feijão é bastante limitado devido ao consumo ser relativamente inelástico, já que se trata de um produto de consumo interno, pois poucos países produzem visando o comércio externo. Contudo, para suprir as necessidades de demanda interna, o Brasil importa aproximadamente 150 mil toneladas ao ano, sendo a maioria de feijão comum preto proveniente da Argentina. Devido a pequena importância comercial do produto em âmbito internacional, aliada à falta de um real conhecimento do seu mercado e ao pequeno consumo entre os países do primeiro mundo, há uma limitação na expansão do comércio mundial deste alimento (CONAB, 2018a).

O Brasil segue em destaque no cenário mundial como um dos mais importantes produtores e exportadores de proteína animal. Tecnologias avançadas são utilizadas pela agroindústria brasileira visando assegurar aos consumidores produtos de qualidade a preços competitivos (CONAB, 2018a).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC) no ano de 2018 foi registrado um crescimento de 6,9% no número de abates de

bovinos no país, chegando a 44,23 milhões de cabeças. Da mesma forma, observou-se um aumento no volume de carne bovina produzida neste mesmo ano, apresentando cerca de 11 milhões de toneladas equivalente carcaça, 12,8% acima do registrado em 2017 (ABIEC, 2019).

O Brasil encerrou 2018 com um recorde no volume de carne bovina exportada, um total de 2,21 milhões de toneladas (20,1%). Do total produzido 79,6% foi destinado ao mercado interno, sendo responsável por um consumo *per capita* de 42,12 kg/ano. O crescimento no número de abates e produção de carne ocorreu paralelamente à queda de 1,6% na área de pastagem, para 162,19 milhões de hectares, com um rebanho estimado em 214,69 milhões de cabeças (ABIEC, 2019).

5 METODOLOGIA

5.1 Método de Abordagem

O método utilizado neste trabalho compreende pesquisas bibliográficas e documentais dos principais estudos realizados sobre a temática da perda e desperdício de alimentos no Brasil e no mundo, ao longo da cadeia de suprimentos, incluindo as causas e possíveis soluções para o problema apresentado.

Esta revisão contempla também a relação entre a perda de alimentos e os impactos ambientais sobre os recursos naturais, bem como suas implicações no cenário econômico e social.

Além disso, são levantadas pesquisas sobre o uso da água nas principais atividades econômicas, dando maior ênfase à agricultura e pecuária. Ademais, aborda-se o conceito de pegada hídrica, sua importância, potencialidades e riscos; os impactos ambientais provenientes da pegada hídrica relacionados ao uso da água na agricultura e pecuária.

5.2 Fontes de dados

O levantamento de dados deste estudo contemplou os principais alimentos consumidos pelos brasileiros, a saber arroz (em casca), feijão (em grão), e carne bovina (em tonelada equivalente carcaça). A utilização destes produtos esteve atrelada à existência de informações de boa qualidade sobre estoques, produção

e balança comercial. Além, da importância destes produtos para o abastecimento interno e relevância para a pauta de Comércio Internacional.

O estudo foi realizado com dados publicados de âmbito nacional. O período de referência para os cálculos de perda pós-colheita para arroz e feijão foi o da safra de 2017 e 2018, provenientes dos dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Os resultados de produção, estoque, consumo interno, importação e exportação para cada produto foram estimados no mês de agosto de 2018 para arroz e junho de 2018 para o feijão.

Para a carne bovina foram selecionados dados referentes ao ano civil de 2018, provenientes da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC) e da base de dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (U.S Department of Agriculture- USDA) (USDA, 2018).

5.2.1 Estoque (final e inicial)

Para estimar os valores de estoque final dos produtos selecionados, levou-se em consideração que o estoque inicial se refere ao resultado da Pesquisa de Estoques de 31 de dezembro do ano anterior ao ano civil estudado. Os resultados do estoque final de cada produto analisado foram calculados pela equação 1 a seguir:

$$\text{Eq. (1) Estoque final} = \text{Estoque Inicial} + \text{Produção} + (\text{Importação} - \text{Exportação}) - \text{Consumo}$$

Os níveis de estoque de arroz levaram em consideração o arroz em casca, e os níveis de estoques de feijão (em grão) foram compostos pela soma de feijão-comum cores, feijão-preto e feijão-caupi.

Considerou-se valor “zero” para o quantitativo de estoque inicial de carne bovina, o qual foi retirado da base de dados da USDA (2018), devido à natureza perecível deste produto apresentando, desta forma, estoque inicial referente ao que restou da produção anterior pequeno ou mesmo nulo.

5.2.2 Produção

Em relação aos valores de produção de arroz em casca e de feijão, os números relativos foram retirados da base de dados da Conab referentes à safra de 2017/2018.

Optou-se por utilizar a produção total de feijão, ou seja, a soma das três safras na temporada de 2017/2018 ¹ levando em consideração a soma entre feijão-comum cores, feijão-preto e feijão-caupi.

Para levantamento dos dados de produção de carne bovina foram utilizados dados da ABIEC para o ano civil de 2018.

5.2.3 Importação, Exportação e Consumo interno

Para o levantamento dos dados de importação, exportação e consumo interno para os produtos arroz e feijão foram utilizados os dados da Conab referentes à safra de 2017/2018.

Já para dados de carne bovina foram utilizados dados da ABIEC para o ano civil de 2018.

5.3 Procedimentos e Técnicas

5.3.1 Perdas Pós-Colheita

Globalmente, na agricultura as etapas de pós-colheita e o consumo representam cerca de um quarto do total de recursos hídricos perdidos ao longo da cadeia de suprimento (KUMMU *et al.*, 2012). Devido a este fato alarmante e à dificuldade de obtenção e falta de informação atualizada em relação às perdas pós-colheita no Brasil, para os produtos escolhidos neste estudo, optou-se por dar maior ênfase a esta problemática.

Os cálculos de perdas deste estudo incluem aquelas estimadas na produção agrícola, bem como após o momento da colheita, sendo elas relativas ao manuseio e armazenamento, processamento e embalagem, distribuição e consumo (perdas pós-colheita). Para os produtos arroz, feijão e carne bovina as perdas foram calculadas conforme metodologia da FAO em seu estudo intitulado

¹ As safras de feijão se dividem em três momentos, sendo a 1ª Safra referente à colheita de novembro a março - concentração Região Sul, MG, SP, GO, PI e BA; a 2ª Safra referente à colheita de abril a junho - concentração na Região NE, PR, MT, RO, PA e GO; e a 3ª Safra referente à colheita de julho a outubro - concentração nos Estados de MG, SP, GO, BA, PE e AL.

“*Global Food Losses and Food Waste- Extente, causes and prevention*” publicado no ano de 2011 (FAO, 2011).

Vale ressaltar que, devido à falta de dados atuais de perda de alimentos ao longo da cadeia de suprimentos para o Brasil optou-se por utilizar as porcentagens de perdas da categoria “cereais” para estimar as perdas de arroz e a categoria “oleaginosas e leguminosas”, para estimar as perdas de feijão. Além disso, os valores estimados pela FAO tratam-se apenas da perda para toda a América Latina, desta forma extrapolou-se no presente estudo esses quantitativos para a realidade brasileira.

As perdas, calculadas conforme metodologia da FAO, apresentam-se como uma porcentagem fixa da disponibilidade, definindo-se disponibilidade como a produção mais o saldo entre exportações e importações, mais o saldo entre estoque final e inicial. Desta forma, a perda para cada produto é dada pela equação 2 a seguir (IBGE, 2004):

$$\text{Eq. (2) Perda (mil/ ton) = [Produção + (Importação - Exportação) + (Estoque final - inicial)] x Índice de perda}$$

Os índices de perda para cada *commodity* estimados pela FAO ao longo das etapas da cadeia de suprimentos de alimentos, para países da América Latina, são apresentados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Porcentagens estimadas / presumidas de desperdício para cada grupo de *commodities* em cada etapa da cadeia de suprimento de alimentos para a América Latina.

	Produção Agrícola	Manuseio e Armazenamento Pós-colheita	Processamento e Embalagem	Distribuição	Consumo a nível familiar
Cereais	6%	4%	2%, 7%	4%	10%
Raízes e Tubérculos	14%	14%	12%	3%	4%
Oleaginosas e Leguminosas	6%	3%	8%	2%	2%
Frutas e Vegetais	20%	10%	20%	12%	10%
Carne	5,3%	1,1%	5%	5%	6%
Peixes e Frutos do mar	5,7%	5%	9%	10%	4%
Leite	3,5%	6%	2%	8%	4%

Fonte: FAO (2019 b).

Vale ressaltar que os cálculos não fazem distinção entre diferentes formas de cultivo, formas de colheita ou processamento. Também não são incluídos no cálculo deste estudo o fator de conversão, o qual restringe o cálculo apenas a parte comestível do produto agrícola; tão pouco o fator de alocação que determina a parte da produção alocada apenas para uso humano.

5.3.2 Análise das Pegadas Hídricas da Perda de Alimentos

Para a análise dos dados sobre pegada hídrica da perda de alimentos ao longo da cadeia de suprimentos de alimentos, foram considerados três fatores fundamentais e determinantes para os valores estimados de pegada hídrica da perda de alimentos, sendo:

- Disponibilidade doméstica anual;
- Índice de perda em cada uma das etapas da cadeia de suprimento de alimentos;
- Pegada hídrica base de arroz, feijão e carne bovina em m³/tonelada.

O valor de pegada hídrica do arroz no Brasil foi retirado do estudo publicado por (HOEKSTRA et al., 2011), o qual levou em consideração a média ponderada dos três tipos de água (azul, verde e cinza) para o período de 2000 a 2004. A pegada hídrica global do feijão foi levantada por meio do trabalho de (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2010) levando em consideração a média ponderada dos três tipos de água (azul, verde e cinza). Vale ressaltar que, devido à dificuldade de obtenção e falta de informação atualizada em relação à pegada hídrica do feijão para realidade brasileira foi utilizado dado de pegada à nível global. Essa dificuldade ocorre no Brasil devido, principalmente, às suas dimensões territoriais, o que dificulta a realização de levantamentos em nível nacional.

O valor de pegada hídrica de carne bovina para a realidade brasileira foi retirado dos trabalhos de Mekonnen & Hoekstra (2011b) e Roppa (2006).

Inicialmente foram realizados cálculos de perda para cada produto selecionado (arroz, feijão e carne), ao longo das etapas da cadeia de suprimentos de alimentos: produção, manuseio e armazenamento, processamento, embalagem, distribuição e consumo a nível familiar. Esses valores foram obtidos multiplicando a disponibilidade doméstica anual (em mil toneladas), a qual foi obtida pela equação 3 a seguir, pelo índice de perda apresentados na Tabela 3 (2):

$$\text{Eq. (3) Disponibilidade Doméstica Anual (mil/ton)} = [\text{Produção} + (\text{Importação} - \text{Exportação}) + (\text{Estoque final} - \text{inicial})]$$

$$\text{Eq. (4) Perda de alimentos para cada etapa da cadeia (mil/ton)} = \text{Disponibilidade doméstica anual (mil/ton)} \times \text{Índice de perda (\%)}$$

Os valores de perdas de alimentos foram calculados cumulativamente, uma vez que para cada etapa da cadeia suprimentos soma-se a perda nas etapas anteriores.

Por sua vez, a pegada hídrica da perda de alimentos nas diversas etapas da cadeia de suprimentos foi calculada multiplicando as perdas de alimentos em cada uma das etapas da cadeia pela pegada hídrica de cada um dos alimentos selecionados, conforme equação 5 abaixo:

$$\text{Eq. (5) Perda de alimentos para cada etapa da cadeia (mil/ton)} \times \text{Pegada Hídrica dos alimentos (m}^3\text{/ton)}$$

As pegadas hídricas utilizadas para o cálculo foram retiradas de artigos científicos citados anteriormente neste tópico. Para o arroz utilizou-se uma pegada hídrica de 1.521 m³/tonelada, para o feijão 3.893 m³; tonelada e para a carne bovina 19.400 m³/tonelada.

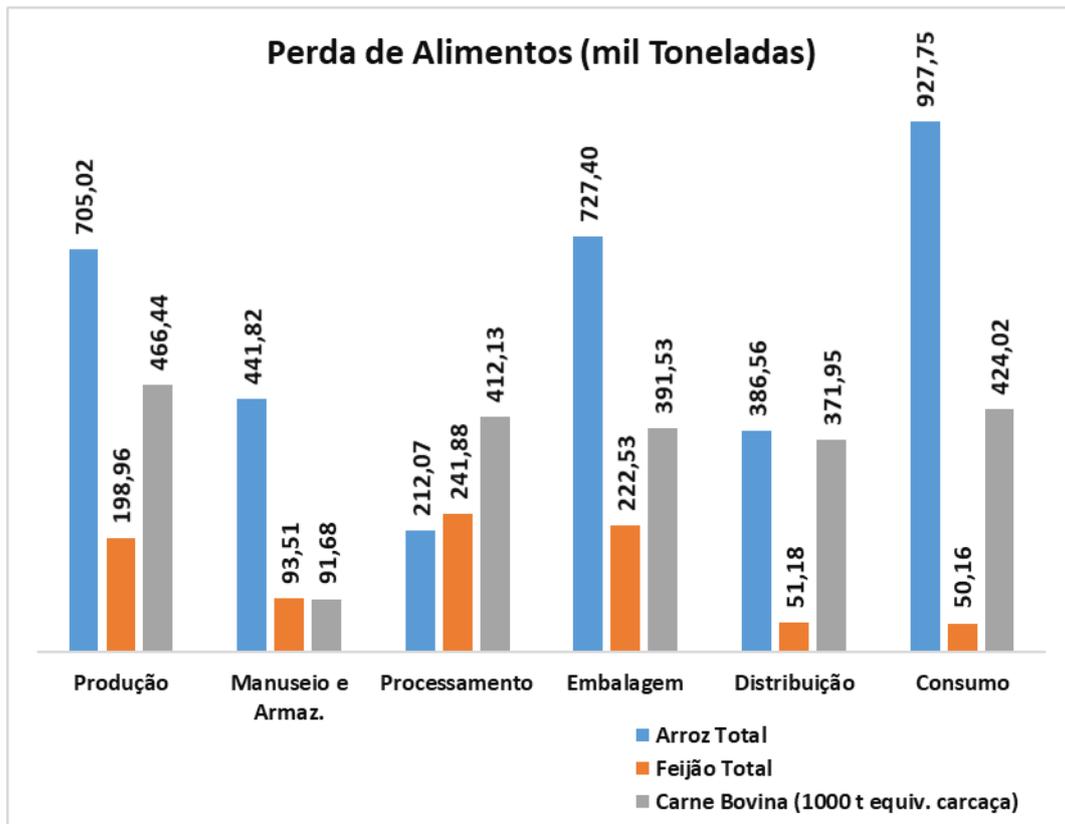
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos de perda acumulada observa-se um total de 3,4 milhões de toneladas de arroz; 0,86 milhões de toneladas de feijão e 2,16 milhões de toneladas de carne bovina perdidos no Brasil, ao longo da cadeia de suprimentos, no ano de 2018.

Destes valores, somente na etapa de produção, calcula-se um total de perdas de aproximadamente 705 mil toneladas para arroz; 442 mil toneladas para feijão e 212 mil toneladas para a carne (Gráfico 1).

Vale ainda ressaltar que os maiores valores de perda de carne ao longo da cadeia foram observados nas etapas de produção (22% ou 466 mil/ton) e consumo (20% ou 424 mil/ton).

Gráfico 1. Perda de alimentos ao longo da cadeia (mil toneladas).



Fonte: A autora (2019).

A alta perda na etapa de produção pode ser explicada por diversos fatores como: o local de produção, idade, região, tamanho do rebanho, a forma de criação (solto no pasto) dentre outros fatores (OLLHOFF *et al.*, 2017). Devido à grande parte da produção brasileira de bovinos ocorrer em ambientes não confinados (pasto) os mesmos estão sujeitos a intoxicação, acidentes ofídicos (com cobras), doenças como clostridioses (causadas por bactérias do gênero *Clostridium*) e outras doenças parasitárias, incidentes com cercas, castração, eletrocussão por raios, dentre outros fatores; o que pode levar a índices de mortalidade consideráveis nos primeiros anos de vida ou até mesmo em idades mais avançadas (GOTTSCHALL *et al.*, 2010).

Já valores elevados de perda na etapa de consumo podem ocorrer devido ao grande consumo *per capita* de carne bovina no país, cerca de 42 kg/hab/ano (ABIEC, 2018). Realidade esta semelhante a regiões mais industrializadas como Europa e EUA onde há um alto consumo de carne, combinado à elevadas proporções de resíduos decorrente dos varejistas e consumidores (GUSTAVSSON *et al.*, 2011).

Para o caso do feijão pode-se observar que valores de perda chegaram a 28% na etapa de processamento, maior valor observado entre as etapas descritas (242 mil/ton). Valor elevado também foi observado na etapa de produção (23%), isso se deve ao fato de o feijão ser uma cultura regional apresentando poucos estudos voltados para tecnologias de processamento e melhoramento na seleção de plantas com características interessantes para a colheita mecanizada, como ocorre com a soja. Destaca-se ainda que estas plantas possuem hábito de crescimento rasteiros, características estas que dificultam a mecanização, proporcionando altos níveis de perda dos grãos no processo de colheita (DELALIBERA, 2016).

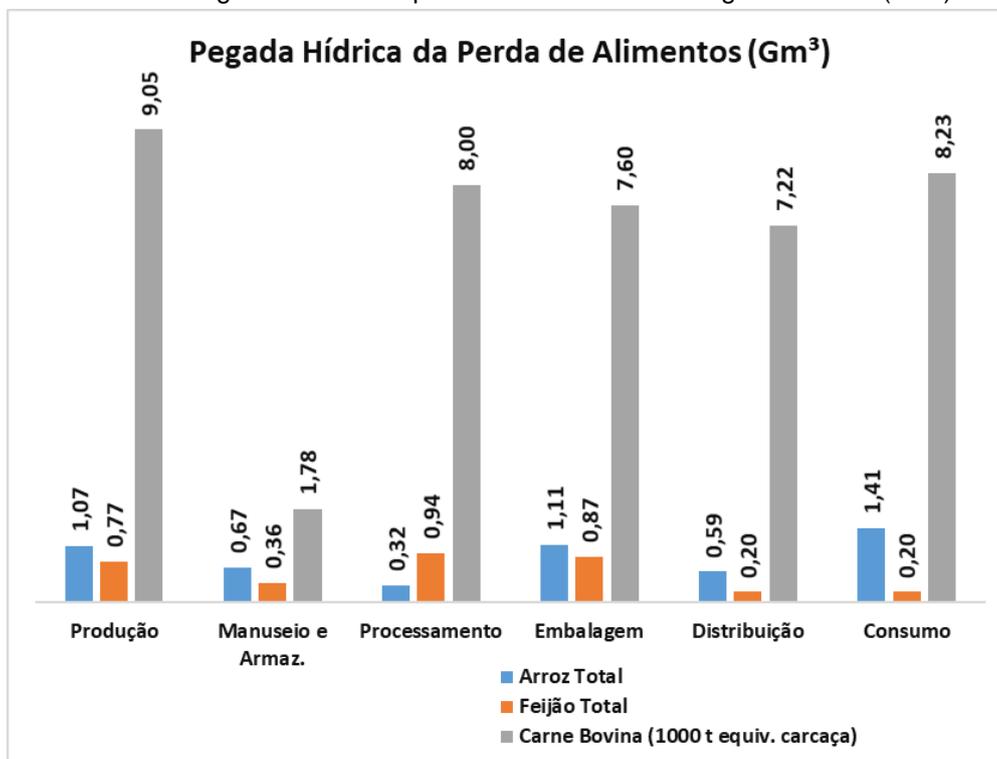
Constata-se ainda que as maiores perdas de arroz ocorrem na etapa de consumo (27% ou 928 mil/ton). Valor esse que pode ser explicado pelo elevado consumo de arroz no Brasil, 12 mil toneladas/ano (CONAB, 2015). Dados para a América Latina demonstram que cerca de 8% da perda de cereais ocorre a nível de consumidor, o maior valor se comparado aos demais níveis da cadeia de suprimento de alimentos (GUSTAVSSON & CEDERBERG, 2011).

Valor elevado de perda também pode ser observado na etapa de produção do arroz (21% ou 705 mil/ton), sendo explicado por diversos fatores relacionados ao método e o momento da colheita, à qualidade da operação das colhedoras, às condições das lavouras como o acamamento das plantas e a presença de ervas daninhas, a umidade inadequada dos grãos na época de colheita e a inexperiência do operador no caso da colheita mecanizada. Já para a colheita manual, após a ceifa com cutelo é comum deixar as plantas no campo para redução da umidade nos grãos. A perda desses grãos pode ser minimizada se o recolhimento e a trilha (golpear as panículas até o desprendimento dos grãos) não forem retardados de forma desnecessária (SANTIAGO; BRESEGHELLO; FERREIRA, 2013).

A pegada hídrica total da perda de arroz no Brasil, para o ano de 2018, de acordo com os resultados obtidos, foi de 5,17 Gm³ (Giga m³= 10⁹ m³). Já o de feijão e carne bovina foram de 3,34 Gm³ e 41,9 Gm³. Em termos de pegada hídrica na etapa de produção para a perda de arroz observa-se um total de 1,07 Gm³, para o feijão o valor foi de 0,77 Gm³, e para a carne um total de 9,05 Gm³ (Gráfico 2). Já na etapa de consumo observa-se valores de 1,41 Gm³; 0,19 Gm³ e 8,23 Gm³ para arroz, feijão e carne, respectivamente.

Vale ressaltar que o termo “pegada hídrica da perda de alimentos”, utilizado neste estudo, refere-se a perda hídrica embutida na perda de alimentos contabilizada ao longo da cadeia de suprimentos.

Gráfico 2. Pegada Hídrica da perda de alimentos ao longo da cadeia (Gm³).



Fonte: A autora (2019).

Vale salientar que a pegada hídrica da perda de arroz foi maior na etapa de consumo, cerca de 27% do total ao longo da cadeia. Valor igualmente significativo foi observado na produção desse cereal (21%). Esse valor reflete o fato de que uma parcela significativa da água de irrigação é usada para produção de cereais, especialmente trigo, arroz e milho (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2011a). A perda desta água pode ser minimizada por meio do uso de melhores técnicas de irrigação, uso mais eficiente da água e melhor gerenciamento do solo.

Os maiores valores de pegada hídrica da perda de feijão ao longo da cadeia ocorreram nas etapas de processamento (28% ou 0,94 Gm³), embalagem (26% ou 0,87 Gm³) e produção (23% ou 0,77 Gm³). Observa-se ainda que as maiores pegadas hídricas de perda de carne ocorrem nas etapas de produção (9,05 Gm³) e no consumo (8,23 Gm³). A perda na etapa inicial da cadeia se deve ao fato de

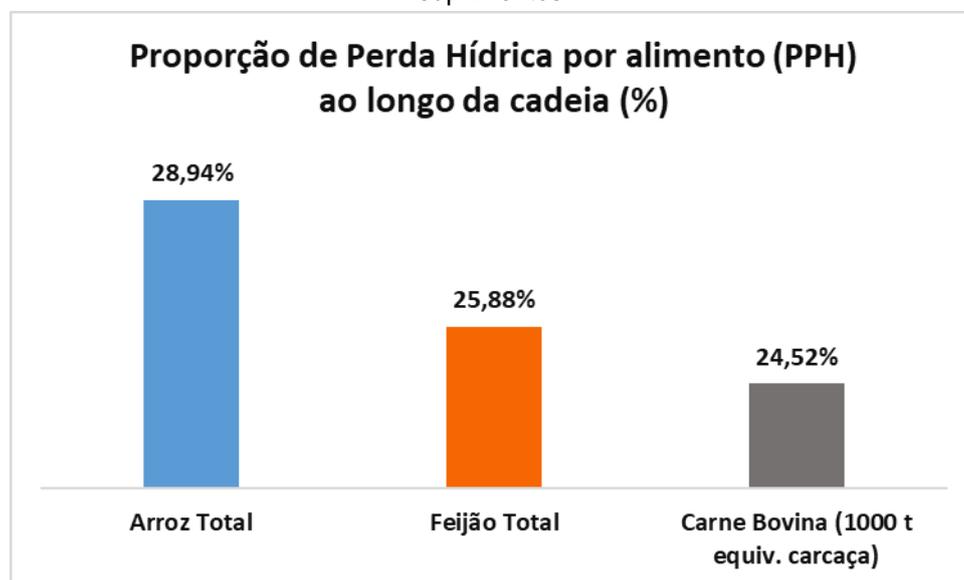
que o processo de criação do animal é o momento em que se gasta mais água, seja por dessedentação ou mesmo pela utilização de água ao longo do processo de cultivo dos grãos usados na alimentação destes animais. Já a pegada na etapa final da cadeia pode ser explicada pelo alto consumo de carne bovina *per capita* no Brasil, cerca de 42 kg/hab/ano (ABIEC, 2019).

Define-se a Proporção de Perda Hídrica por alimento (PPH) ao longo da cadeia, para os três produtos estudados, como a soma do valor da pegada hídrica para cada etapa (pegada hídrica acumulada) dividido pelo produto entre a pegada hídrica de cada alimento e a disponibilidade doméstica anual, conforme equação 6 a seguir:

$$\text{Eq. (6) PPH} = \frac{\text{Pegada hídrica acumulada}}{(\text{Pegada hídrica do alimento (m}^3\text{/ton)} \times \text{Disponibilidade doméstica anual (mil/ton))}$$

Obeve-se como resultado uma pegada hídrica da perda de arroz proporcional, ao longo da cadeia, de 28,9% para arroz, de 25,8% para feijão e 24,5% para carne bovina (Gráfico 3).

Gráfico 3. Proporção de Perda Hídrica por alimento (PPH) ao longo da cadeia de suprimentos.



Fonte: A autora (2019).

Analisando a pegada hídrica dos três produtos separadamente, observa-se uma proporção de perda de água semelhante entre estes alimentos, na ordem de 30%. Em termos práticos, tem-se que, para cada 1 litro de água utilizada na

produção de arroz descarta-se 280 mililitros (ml); para o feijão são 250 ml e para a carne bovina 245 ml.

7 CONCLUSÃO

Para uma melhor análise da escassez hídrica, a fim de reduzir as pegadas ambientais dos alimentos, faz-se necessário dar enfoque para grupos como cereais e leguminosas, pois juntos representam valor significativo de perda hídrica embutida na perda de alimentos no mundo. Esse percentual reflete o fato de que uma parcela significativa da água de irrigação é usada para produzir essas culturas, especialmente trigo, arroz e milho (MEKONNEN & HOEKSTRA, 2011a).

Bem como a carne, pois esta contribui de forma significativa no uso da água desde à produção até o consumo final.

Os valores de perda ao longo da cadeia, bem como de perda hídrica embutida na perda dos alimentos demonstram que há uma necessidade de ações de iniciativa privada, bem como políticas públicas voltadas para diminuição das perdas de arroz e carne, principalmente, nas etapas de produção e consumo; e para o feijão na etapa de processamento.

A pegada hídrica é um indicador que permite monitorar os efeitos da escassez de água, podendo ser útil como ferramenta de avaliação na gestão das águas. Trata-se de um conceito facilitador enquanto indicador quantitativo capaz de acessar não só os volumes de água consumidos por região, mas também o período em que ocorre o consumo de água (GIACOMIN & JUNIOR, 2012). Estudos como este podem subsidiar avaliações das etapas da cadeia onde ocorrem os maiores índices de descarte de água e com isso, auxiliar na tomada de decisões que reduzam essas perdas aumentando, assim, o abastecimento de alimentos sem a necessidade do uso de recursos naturais adicionais, como a água.

No contexto de crescimento populacional e aumento de renda, usar os recursos com mais eficiência e reduzir a quantidade de água gasta ou a emissão de GEE por unidade de alimento consumido será fundamental para atender de maneira sustentável à crescente demanda. No entanto, a melhoria da eficiência não reduz necessariamente o total de recursos utilizados ou de GEE emitidos, uma vez que

o impacto ambiental geral resultante das alterações de preços associadas à redução de perdas e desperdícios de alimentos, que determinarão indiretamente seu efeito no uso de recursos naturais e nas emissões de GEEs. Por exemplo, uma oferta adicional decorrente da diminuição de perdas pode ter um efeito na redução dos preços, os consumidores poderão exigir mais dos produtos, havendo assim uma maior pressão na produção de alimentos. Isso tenderá a contrabalançar o efeito ambiental positivo da melhoria da eficiência do sistema alimentar, associado à redução na perda de alimentos (FAO, 2019b).

Os recursos hídricos e terrestres disponíveis no mundo podem satisfazer as futuras demandas alimentares de várias maneiras, desta forma, torna-se necessário o uso de novas tecnologias bem como o uso racional dos recursos ambientais. Algumas medidas podem ser adotadas para que essa realidade seja possível, como: a) investimentos para o aumento da produtividade em áreas de sequeiro por meio do gerenciamento aprimorado do solo, umidade e irrigação suplementar, onde é possível o armazenamento de água; b) melhoria na gestão da fertilidade do solo, incluindo a reversão da degradação do solo; c) investir em tecnologias de irrigação; d) desenvolver novas instalações de armazenamento de águas superficiais, aumentando a captação dessas e o uso de águas residuais; e) aumentar a produtividade da água em áreas irrigadas e o valor por unidade de água em integração de múltiplos usos - incluindo gado, pesca e uso doméstico - em sistemas irrigados e; f) reduzir a demanda bruta de alimentos, reduzindo, assim, as perdas pós-colheita (MOLDEN, 2007).

Cada uma dessas estratégias afetará o uso da água, o meio ambiente e a população, porém de maneiras muito diferentes, dependendo da configuração local. Desta maneira, é necessária uma avaliação mais abrangente do cenário de cada região, combinando elementos de diferentes abordagens adequadas àquela.

Vale salientar também a importância do incentivo na adoção de políticas públicas e ações privadas no âmbito da redução da perda de alimentos no país, para todas as etapas da cadeia de produção, a citar: o incentivo e emprego de novas tecnologias no manejo e na colheita; melhoramento no controle de qualidade dos produtos e das técnicas de manuseio; boas práticas e o emprego de novas tecnologias nas etapas de processamento e embalagem; maiores investimento em armazenamento visando um correto acondicionamento dos alimentos;

maiores investimentos em infraestrutura de transportes terrestres no Brasil (principalmente voltadas para conservação da malha rodoviária do país); maior capacitação de colaboradores na etapa de comercialização no atacado e varejo; assim como a promoção de campanhas junto à população objetivando uma mudança na cultura da abundância e do excesso, bem como na falta de planejamento de refeições e no mal armazenamento dos produtos por parte dos consumidores.

Algumas iniciativas tem sido tomadas, em particular no Brasil, para alertar sobre a importância dessa problemática, assim como ações práticas tem sido tomadas junto à população para a redução do desperdício de alimentos. A exemplo de Organizações Não-Governamentais (ONGs) como a “Banco de Alimentos” ou a criação de programas de segurança alimentar e nutricional como o “Mesa Brasil SESC”, criado pelo Serviço Social do Comércio (SESC), que visam contribuir para a promoção de cidadania e qualidade de vida de pessoas em situação de pobreza promovendo ações educativas e de distribuição de alimentos. Existem também iniciativas de cunho educacional difundidas nas escolas e Universidades Brasileiras, como o documentário científico “Quanto Vale 1/3?” elaborado por estudantes da Universidade de Brasília (UnB), ações estas que geram impacto social nas comunidades. Além de iniciativas governamentais inovadoras como o desenvolvimento de embalagens anatômicas para comercialização de frutas e hortaliças, estudos de melhoramento de técnicas de cultivo, de utilização integral de alimentos, dentre outras importantes práticas difundidas e estudadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA.

RECOMENDAÇÕES

Torna-se necessário o investimento em pesquisas voltadas para o aprofundamento dos conhecimentos sobre pegada hídrica a fim de determinar a demanda de água para outros produtos alimentares em âmbito nacional e regional, assim como para indivíduos. Contribuindo para aumentar o conhecimento sobre pegadas hídricas ao longo das etapas da cadeia de suprimento de alimentos, permitindo levantar os impactos ambientais relacionados com a problemática da perda de alimentos. Além da utilização de

tais dados como ferramentas de avaliação na gestão de políticas públicas, bem como para definição de ações no âmbito da iniciativa privada, que diminuam a perda de água e de alimentos no Brasil.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC. Beef Report- Perfil da Pecuária no Brasil. In BeefREPORT, 2019.
- Allan, J. A. Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits. *Ground Water*, 36(4), p.545–546, 1998.
- ANA- Agência Nacional de Águas (Brasil). Contas econômicas ambientais da água no Brasil 2013–2015 / Agência Nacional de Águas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. -- Brasília: ANA, 2018.
- ANA- Agência Nacional de Águas. Contas Econômicas Ambientais da água no Brasil, 2018.
- ANA- Agência Nacional de Águas. Quase metade da água usada na agricultura é desperdiçada, 2019. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Noticias/BrasilPost-MaiorConsumidorDeAguaSetorAgricolaSeDefendeEPregaAPrecificacao,EducaoEInvestimentos.pdf>>. Acesso em: 24 de setembro de 2019.
- ANA, & EMBRAPA. Levantamento Da Agricultura Irrigada Por Pivôs Centrais No Brasil - 2014: Relatório Síntese, 2016.
- BRUINSMA J. (ed). *The Resource Outlook To 2050: By How Much Do Land, Water And Crop Yields Need To Increase By 2050? Expert Meeting On How To Feed The World In 2050* Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Economic And Social Development Department. Rome, 2009.
- CAISAN. Estratégia Intersectorial para a Redução de Perdas e Desperdício de Alimentos no Brasil, 2018.
- CAIXETA FILHO, J. V. Losses in the transportation of fruits and vegetables: a Brazilian case study. *International Journal of Logistics: Research & Applications*, 02(03), p.325–341, 1999.
- CASTRO, E. D. M. DE, VIEIRA, N. R. D. A., RABELO, R. R., & SILVA, S. A. Da. Qualidade de Grãos em Arroz. *REVISTA Embrapa Arroz e Feijão*, p. 34, 1–30, 1999.
- CNA. Infraestrutura Logística: Desafios para o escoamento dos Produtos Agropecuários, 2018.
- CONAB. (2018b). *Perspectivas para a Agropecuária- Safra 2018/2019*. (Vol. 6).

CONAB. A Cultura do Arroz, Brasília, 2015.

CONAB. A Cultura do Feijão, Brasília, 2018a.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, v. 2, Safra 2014/15, n.8, nono levantamento, maio 2015a.

DA SILVA, V. de P. R., ALEIXO, D. de O., NETO, J. D., MARACAJÁ, K. F. B., & de ARAÚJO, L. E. Uma Medida de Sustentabilidade Ambiental: Pegada Hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 17(1), p.100–105, 2013.

DANTAS, F. (2005). País perde 13% da safra todo ano. Disponível em:< <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/306411/noticia.htm?sequence=1>>. Acesso em: 27 de outubro de 2019.

DE MELO, E. V. Perdas e Desperdício de Alimentos: Estratégias para Redução (No. 3). Brasília, 2018.

DELALIBERA, H. C. (2016). Tecnologia Reduz Perdas na Colheita do Feijão. Disponível em:< <https://www.sna.agr.br/tecnologia-reduz-perdas-na-colheita-do-feijao/>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). ICM 2018: índice que avalia as rodovias federais pavimentadas é divulgado. Disponível em:< <http://www.dnit.gov.br/noticias/icm-2018-indice-que-avalia-as-rodovias-federais-pavimentadas-e-divulgado>>. Acesso em: 27 de outubro de 2019.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Dados conjunturais da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986 a 2018): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2019. Disponível em:<<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 03 de outubro de 2019.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Perda e Desperdício de Alimentos, 2019. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 26 de outubro de 2019.

ERCIN, A. E.; HOEKSTRA A. Y. Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. Environment International, v. 64, p. 71-82, 2014.

FAO. Global Food Losses and Food Waste- Extente, Causes and Prevetion. Dusseldorf, 2011.

FAO. Food Wastage Footprint:Impacts on Natural Resources. In Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.

FAO. The State of Food Insecurity in the World. In FAO, 2014.

FAO. Water Withdrawal By Sector, Around 2010. Aquastat, (November), p.2–3, 2016. Disponível em: < http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf>. Acesso em: 17 de outubro de 2019.

FAO. El Estado de La Seguridad Alimentaria y La Nutrición en El Mundo, 2019a. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. In Informe, 2019b.

FAO. The State of Food and Agriculture-Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction, 2019c.

FIGUEIREDO, M. C. B. de, GONDIM, R. S., & ARAGAO, F. A. S. de. (2017). Produção de melão e Mudanças Climáticas: Sistemas Conservacionistas de Cultivo para Redução das Pegadas de Carbono e Hídrica. Disponível em:< <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1074500>>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.

GIACOMIN, G. S., & JUNIOR, A. A. O. Análise de Resultados de Pegada Hídrica por Países e Produtos Específicos. Revista Eletrônica Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 8(8), p.1562–1572, 2012.

GLEICK, P. H. The Changing Water Paradigm: A Look at Twenty-first Century Water Resource Development. Water International, 25(1), p.127–138, 2000.

GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C. O.; ALEXANDRE, S. T. Soil erosion and conservation in Brazil. Anuário do Instituto de Geociências, v. 37, p. 81-91, 2014.

GUSTAVSSON, J., & CEDERBERG, C. Estratégia Intersetorial para a Redução de Perdas e Desperdício de Alimentos no Brasil. Germany, 2011.

HOEKSTRA, A. Y., & CHAPAGAIN, A. K. The Water Footprints of Morocco and the Netherlands: Global Water Use as a Result of Domestic Consumption of Agricultural Commodities. Ecological Economics, 64(1), 143–151, 2007.

HOEKSTRA, A.Y., HUNG, P.Q. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade, Global Environmental Change,15(1): p.45-56, 2005.

HOEKSTRA, A. Y. Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics*, v.68, p.1963-1974, 2009.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALADAYA, M. M., & MESFIN, M. M. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica-Estabelecendo o Padrão Global. In Water Footprint Network, 2011.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M.M. AND MEKONNEN, M.M. The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK. 2011 a.

HOEKSTRA, A.Y., MEKONNEN, M.M. The water footprint of humanity, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012.

IBGE. Indicadores Agropecuários 1996-2003. (No. 3). Rio de Janeiro, 2004.

JÚNIOR, M. F., & SOARES, A. G. (2014). Orientações quanto ao Manuseio Pré e Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças Visando à Redução de suas Perdas. Rio de Janeiro, 2014.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A. A. Postharvest technology of horticultural crops. Oakland: University of California, p.39-48, 2002.

KUMMU, M., de MOEL, H., PORKKA, M., SIERBET, S., VARIS, O., & WARD, P. J. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the Total Environment*, 438, p. 477–489, 2012.

LANA, M. M. Perdas e Desperdício de Hortaliças no Brasil. In *Perdas e desperdício de alimentos: estratégias para redução*, p. 87–114, 2018.

LIPINSKI, B.; HANSON, C.; LOMAX, J.; KITINOJA, L.; WAITE, R.; SEARCHINGER, T. Reducing food loss and waste, 2013. 40 p. Disponível em: < <http://science.sciencemag.org/content/352/6284/424.16>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

LUENGO, R. D. F. A., CALBO, A. G., JACOMINO, Â. P., & PESSOA, J. D. C. Avaliação da Compressão em Hortaliças e Frutas e Seu Emprego na Determinação do Limite Físico da Altura da Embalagem de Comercialização. *Hortic. Bras.*, 21(4), 704–707, 2003.

MACHADO, P.O.L.A.; SILVA, C.A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Heidelberg, v. 61, n.1-2, p.119-130, 2001.

MARQUES FILHO, L. C. *Capitalismo e colapso ambiental*. 2. ed. Campinas: Ed. da Unicamp, 2016.

MARTINS, C. R., & FARIAS, R. D. M. Produção De Alimentos X Desperdício: Tipos, Causas E Como Reduzir Perdas Na Produção Agrícola-Revisão. *Revista Da FZVA*, 9, 20–32, 2002.

MEKONNEN, M. M., & HOEKSTRA, A. Y. *Value of Water Research Report*. 1(47), 2010.

MEKONNEN, M. M., & HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577–1600, 2011 a.

MEKONNEN, M. M., & HOEKSTRA, A. Y. *The Green, Blue and Grey Water Footprint of Farm Animals and Animal Products. Volume 1: Main Report. Value of Water Research Report Series No. 48*, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. ELSEVIER, 70, 2011 b.

MOLDEN, D. *Water for Food Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. In *Water for Food Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, 2007.

ODS. (2019). O que são os ODS? Disponível em: <<http://www.estrategiaods.org.br/o-que-sao-os-ods/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

OECD. (2019). *Managing Water Sustainably is Key to the Future of Food and Agriculture*. Disponível em:< <http://www.oecd.org/agriculture/topics/water-and-agriculture/>>. Acesso em 11 de setembro de 2019.

ONU. (2018). *FAO desenvolve metodologia para mensurar desperdício de alimentos no mundo*. Retrieved September 20, 2019.

PALHARES, J. C. P., OLIVEIRA, V. B. V. de, JUNIOR, M. F., CERDEIRA, A. L., & PRADO, H. A. do. *Consumo e Produção Responsáveis- Contribuições da Embrapa*. n. 12, Brasília, 2018.

PORPINO, G., LOURENÇO, C. E., ARAÚJO, C. M., & BASTOS, A. *Intercâmbio Brasil-União Européia sobre Desperdício de Alimentos*. Brasília, 2018.

PRADO, R. B., FORMIGA JOHNSON, R. M., & MAEQUES, G. F. Uso e gestão da água: desafios para a sustentabilidade no meio rural. In TURETTA, A. P. D. (Ed.). *As funções do solo, suas fragilidades e seu papel na provisão dos serviços ecossistêmicos*, 2 ed., p. 43–48, 2017.

RINGLER, C.; BRYAN, E.; BISWAS, A. K.; CLINE, S. A. Water and food security under global change. In: RINGLER, C.; BISWAS, A. K.; CLINE, S. A. (Ed.). *Global change: impacts on water and food, water resources development and management*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, p.1-265, 2010.

ROCKSTROM, J., LANNERSTAD, M., & FALKENMARK, M. Assessing the Water Challenge of a New Green Revolution in Developing Countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(15), 2007.

ROPPA, L. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2006 a 2030. *Revista Pork World*, n.34, p.16-27, 2006.

SANTIAGO, Carlos Martins; BRESEGHELLO, Heloisa Célis de Paiva; FERREIRA, Carlos Magri. *Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 252 p.

SANTOS, J., & MANTOVANI, E. Perdas de grãos na cultura do milho; pré-colheita, colheita, transporte e armazenamento. In *Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS*, 1997.

SOARES, A. G., & JÚNIOR, M. F. Perdas de Frutas e Hortaliças Relacionadas às Etapas de Colheita, Transporte e Armazenamento. In Marcelo Zaro (Ed.), *Desperdício de Alimentos, Velhos Hábitos, Novos Desafios*, p. 20–37, 2018.

TILMAN, D., CASSMAN, K.G., MATSON, P.A., NAYLOR, R., POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. n. 418, p. 671–677, 2002.

TUBIELLO, F. N., SALVATORE, M., ROSSI, S., FERARRA, A., FITTON, N., & SMITH, P. The FAOSTAT Database of Greenhouse Gas Emissions From Agriculture. *Environmental Research Letters*, 8(1), 2013.

TURRAL, H. Climate Change, Water and Food Security. In 36, 2011.

UNESCO. *Não Deixar Ninguém para Trás. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos*, 2019

USDA. This Report Contains Assesments of Commodity and Trade Issues Made by USDA Satff and Not necessarily Statements of Official U.S. Government Policy. In Global Agricultural Information Network, 2018.

VAN OEL, P. R., MEKONNEN, M. M., & HOEKSTRA, A. Y. The External Water Footprint of the Netherlands: Geographically-Explicit Quantification and Impact Assessment. *Ecological Economics*, 69(1), 82–92, 2009.

VEIGA, J. E. DA. Deplorável inércia. *Ciência e Cultura- Indiadores de Sustentabilidade*, 71(1), 27–33, 2019.

VILELA, N. J., LANA, M. M., NASCIMENTO, E. F. do, & MAKISHIMA, N. Perdas na Comercialização de Hortaliças em uma Rede Varejista do Distrito Federal. In *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 20, 2003.

WUNDERLICH, S.M.; MARTINEZ, N.M. Conserving natural resources through food loss reduction: Production and consumption stages of the food supply chain. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(4): 331–339. 2018.

APÊNDICE A- Planilhas de dados

	Disponibilidade doméstica anual (em 1000 ton)	Perdas de alimentos na produção (em mil toneladas)	Perdas de alimentos no manuseio e armazenamento (em mil toneladas)	Perdas de alimentos no processamento (em mil toneladas)	Perdas de alimentos na embalagem (em mil toneladas)	Perdas de alimentos na distribuição (em mil toneladas)	Perdas de alimentos no consumo a nível familiar (em mil toneladas)
Arroz Total	11.750,40	705,02	441,82	212,07	727,40	386,56	927,75
Feijão Total	3.316,00	198,96	93,51	241,88	222,53	51,18	50,16
Carne Bovina (1000 t equiv. carcaça)	8.800,80	466,44	91,68	412,13	391,53	371,95	424,02

	Pegada Hídrica do alimento (m ³ / ton)	Pegada Hídrica da perda na produção (Gm ³)	Pegada Hídrica da perda no manuseio e armazenamento (Gm ³)	Pegada Hídrica da perda no processamento (Gm ³)	Pegada Hídrica da perda na embalagem (Gm ³)	Pegada Hídrica da perda na distribuição (Gm ³)	Pegada Hídrica da perda no consumo (Gm ³)	Proporção de Perda Hídrica por alimento (PPH) ao longo da cadeia
Arroz Total	1.521	1,07	0,67	0,32	1,11	0,59	1,41	28,94%
Feijão Total	3.893	0,77	0,36	0,94	0,87	0,20	0,20	25,88%
Carne Bovina (1000 t equiv. carcaça)	19.400	9,05	1,78	8,00	7,60	7,22	8,23	24,52%