

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Ana Júlia Smolinski Gouveia**

**A CONTABILIDADE DE CARBONO NO PLANEJAMENTO  
URBANO: O CASO DE FELIZ, RS**

Porto Alegre  
Julho de 2019

**ANA JÚLIA SMOLINSKI GOUVEIA**

**A CONTABILIDADE DE CARBONO NO PLANEJAMENTO  
URBANO: O CASO DE FELIZ, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Miguel Aloysio Sattler**

Porto Alegre  
Julho de 2019

**ANA JÚLIA SMOLINSKI GOUVEIA**

**A CONTABILIDADE DE CARBONO NO PLANEJAMENTO  
URBANO: O CASO DE FELIZ, RS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)**  
Ph.D. pela Universidade de Liverpool  
Orientador

**Prof. José Alberto Azambuja (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Profa. Eugenia Aumond Kuhn (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, Paulo e Denise, que  
sempre me apoiaram e incentivaram a realizar meus  
sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar forças para persistir nos momentos mais difíceis da minha graduação e por toda sua bondade e cuidado comigo e com todos aqueles a quem amo.

Agradeço aos meus pais, Paulo e Denise, por me orientarem e me incentivarem em cada decisão, por nunca medirem esforços para que eu estivesse na universidade. Obrigada por me fazerem acreditar que sou capaz de realizar todos os meus sonhos. Ao meu irmão, Filipe, por me dar todo o suporte e ajuda ao longo desses anos. Por gentilmente compartilhar suas conquistas comigo e permitir que formemos, juntos, um belo “time”. Aos meus avós, Eduardo, Isabel e Erondina, por todo o apoio e por sempre acreditarem no meu potencial. À Susi por sempre fazer dos meus dias, dias melhores. À minha família eu dedico este trabalho.

Ao Anderson por toda a alegria e carinho compartilhados comigo ao longo desses anos. Obrigada por ter uma palavra de conforto e perseverança nos momentos de desânimo. Agradeço, também, a sua família pelo acolhimento e gentileza.

Aos meus amigos, por todos os conselhos, compreensão e risadas convivas.

Ao meu orientador Prof. Miguel Aloysio Sattler, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho. O desenvolvimento deste trabalho não foi somente um aprendizado sobre o tema de pesquisa, mas um aprendizado para a vida e ele não teria sido possível sem a sua orientação e correções.

Por fim, agradeço à UFRGS por permitir que tivesse uma educação de qualidade pela qual não teria condições de pagar.

Um mundo diferente não pode ser construído por pessoas  
indiferentes

*Peter Marshall*

## RESUMO

Para que as mudanças do clima não afetem severamente os meios de vida, é necessário que todos os países juntos reduzam suas emissões de gases de efeito estufa (GEE). Isso requer uma rápida e eficiente transição para uma economia de baixo carbono. Responsáveis pelo consumo de mais de dois terços da energia mundial e por mais de 70% das emissões globais de gases de efeito estufa (C40CITIES, 2012), as cidades podem desempenhar um papel essencial na redução dessas emissões. Tendo isso em vista, este trabalho versa sobre a avaliação do metabolismo do município de Feliz, bem como avalia a necessidade de a cidade se unir ao Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia. A partir da revisão de literatura, definiram-se as maiores áreas de emissões comumente encontradas nas cidades do Brasil e, mais precisamente, nas cidades pertencentes ao Rio Grande do Sul, Estado onde Feliz encontra-se situada. Utilizando-se fatores para o cálculo estimativo das emissões de gás carbônico, constatou-se que o município possui um metabolismo de emissões quase que equilibrado com a capacidade de absorção por parte de sua vegetação. Entretanto, foi constatado, também, que Feliz possui emissões superiores às emissões médias dos municípios de porte semelhante signatárias do Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia. Desse modo, foi concluído que há a necessidade de o município se comprometer com estratégias viáveis que visam à redução de gases de efeito estufa.

Palavras chaves: Gases de efeito estufa. Gás carbônico. Cidades sustentáveis. Feliz. Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia.

## **ABSTRACT**

For livelihoods not be severely affect by climate change, it's necessary that all countries together reduce their greenhouse gas emissions (GHG). This requires a quick and efficient transition to a low-carbon economy. Responsible for consuming more than two-thirds of the world's energy and for more than 70% of global greenhouse gas emissions (C40CITIES, 2012), cities can play a key role in reducing these emissions. With this in mind, this paper deals with the evaluation of the metabolism of the municipality of Feliz, as well as evaluates the need for the city to join the Global Covenant of Mayors for Climate and Energy. From the literature review, it was defined the largest emissions areas commonly found in Brazilian cities and, more precisely, in the cities belonging to the State of Rio Grande do Sul, where Feliz is located. Using factors for the estimation of the carbon dioxide emissions, it was verified that the city has an emission metabolism that is almost balanced with the local vegetation absorption. However, it was also verified that Feliz has emissions higher than the average emissions of cities with similar sizes, signatories to the Global Covenant of Mayors for Climate and Energy. Thereby, it was concluded that there is a need for the city to commit to viable feasible strategies to reduce greenhouse gases.

**Key Words:** Greenhouse gases. Carbon dioxide. Sustainable cities. Feliz. Global Compact of Mayors for Climate and Energy.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Organograma das etapas de pesquisa .....	16
Figura 2 - Atividades proibidas, segundo potencial poluidor e zona urbana .....	20
Figura 3 - Linha do tempo com os principais eventos que levaram a um aumento da consciência ecológica mundial .....	24
Figura 4 - Estrutura de Governança da Comunidade Regional do Pacto Global de Prefeitos (GCoM) .....	29
Figura 5 - Temperatura global média e concentração de dióxido de carbono atmosférico, 1880 - 2012 .....	31
Figura 6 - Estimativa das principais fontes de emissão de GEE no Rio Grande do Sul em 2017 .....	33
Figura 7 - Cobertura vegetal de Feliz no ano de 2017 .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise das cinco principais culturas agrícolas de Feliz em 2016 .....	34
Tabela 2 - Emissão de CO <sub>2</sub> do solo sob preparo convencional .....	35
Tabela 3 - Emissões de CO <sub>2</sub> pela aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas por cultura agrícola de Feliz .....	35
Tabela 4 - Rebanhos do município de Feliz em 2017 .....	36
Tabela 5 - Estimativa da produção pecuária na Feliz .....	37
Tabela 6 - Emissão produzida por animal na Feliz no ano de 2017 .....	38
Tabela 7 - Consumo de energia na Feliz no ano de 2015 .....	39
Tabela 8 - Emissão de CO <sub>2</sub> pela geração de energia elétrica na Feliz no ano de 2015 ...	40
Tabela 9 - Quantidade de combustível vendido na Feliz no ano de 2015 .....	41
Tabela 10 - Frota de veículos automotores no ano de 2017 .....	41
Tabela 11 - Emissões relativas de CO <sub>2</sub> pelo transporte urbano de Feliz no ano de 2015	42
Tabela 12 - Extração doméstica de minerais na Feliz, por categoria, em toneladas .....	43
Tabela 13 - Emissões relativas de CO <sub>2</sub> pela extração doméstica de minérios na Feliz ...	44
Tabela 14 - Extração doméstica de biomassa na Feliz, por categoria, em toneladas .....	45
Tabela 15 - Arborização típica existente na Feliz .....	47
Tabela 16 - Sequestro médio de carbono por espécie de vegetal existente na região de Feliz .....	49
Tabela 17 - Sequestro total de carbono por espécie de vegetal existente na Feliz .....	49
Tabela 18 - Estimativa do estoque de carbono no município de Feliz .....	50
Tabela 19 - Cidades signatárias do GCoM, com porte semelhante ao do município de Feliz .....	52
Tabela 20 - Emissões das cidades signatárias do GCoM, com porte semelhante ao do município de Feliz .....	53

## LISTA DE SIGLAS

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

CO<sub>2eq</sub> – Dióxido de carbono equivalente

GCoM – Global Covenant of Mayors for Climate and Energy

GEE – Gases de Efeito Estufa

ha – Hectare

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

kg – Quilograma

MWh – megawatt-hora

ppm – Partes por milhão

t – Tonelada

t CO<sub>2eq</sub> – Tonelada de dióxido de carbono equivalente

t CO<sub>2eq</sub> /ano – Tonelada de dióxido de carbono equivalente por ano

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 DIRETRIZES DE PESQUISA</b> .....	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	14
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA .....	14
<b>2.2.1 Objetivo principal</b> .....	14
<b>2.2.2 Objetivos secundários</b> .....	14
2.3 PRESSUPOSTO .....	15
2.4 DELIMITAÇÕES .....	15
2.5 LIMITAÇÕES .....	15
2.6 DELINEAMENTO .....	15
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	17
3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	17
3.2 OBJETO DE ESTUDO: A MUNICIPALIDADE DE FELIZ .....	17
3.3 COLETA DE DADOS .....	20
3.4 ANÁLISE DOS DADOS .....	22
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	22
4.1 SUSTENTABILIDADE .....	22
<b>4.1.1 Definição</b> .....	23
<b>4.1.2 Contexto Histórico</b> .....	23
4.2 CIDADES SUSTENTÁVEIS .....	24
4.3 PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS .....	26
4.4 PACTO GLOBAL DE PREFEITOS PELO CLIMA E A ENERGIA .....	27
4.5 PEGADA DE CARBONO .....	29
<b>5 LEVANTAMENTO E COLETA DE DADOS</b> .....	33
5.1 SETOR PRIMÁRIO .....	33
<b>5.1.1 Produtos de cultivo agrícola</b> .....	34
<b>5.1.2 Produtos de origem animal</b> .....	36
5.2 ENERGIA .....	39
5.3 TRANSPORTES .....	40
5.4 EXTRAÇÃO DOMÉSTICA .....	42
<b>5.4.1 Extração Mineral</b> .....	43
<b>5.4.2 Extração de Biomassa</b> .....	44
5.5 SANEAMENTO .....	45

5.6 ÁREA VERDE .....	47
5.7 RESULTADOS .....	49
<b>6 EMISSÕES DE CIDADES SIGNATÁRIAS DO GCoM .....</b>	<b>51</b>
<b>7 MEDIDAS MITIGADORAS PARA FELIZ .....</b>	<b>54</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>56</b>
REFERÊNCIAS .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

Não há dúvidas de que o aumento das concentrações de gás carbônico na atmosfera pode prejudicar o equilíbrio ambiental estabelecido no planeta. A cada ano, uma quantidade considerável de carbono na forma de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e de outros gases é liberada para a atmosfera através de processos de atividades humanas. Em 2013, a média de dióxido de carbono na atmosfera atingiu, pela primeira vez em registro, uma concentração maior que 400 ppm (LINDSEY, 2017).

A emissão de gás carbônico para a atmosfera, ao ocorrer de forma excessiva, pode ocasionar uma série de riscos à sociedade, contribuindo para o aumento do efeito estufa, enchentes, secas, tempestades violentas, ondas de calor, elevação do nível dos oceanos, entre outros. Visto isso, para reduzir a ocorrência destes problemas ambientais, um grande número de comunidades e regiões vem desenvolvendo esforços com a finalidade de reduzir sua pegada de carbono, buscando tornar-se “Zero Carbono” ou “Baixo Carbono”.

Em meio a inúmeras iniciativas sustentáveis, cidades no mundo todo estão firmando uma aliança denominada Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia (GCoM). Esse pacto visa a combater as mudanças climáticas pela redução da emissão de gases de efeito estufa, programando conjuntamente ações de mitigação, na busca por uma sociedade resiliente e de baixa emissão.

Portanto, tendo por referência este pacto, este trabalho se propõe a contabilizar a atual emissão de carbono no município de Feliz e analisar o atual planejamento urbano da cidade. Propõe-se, também, a sugerir iniciativas para que uma comunidade diminua sua emissão de gases de efeito estufa e seja um exemplo de ambiente resiliente. Muitas vezes, pequenas alterações podem modificar algo consolidado por uma era e trazer benefícios irrefutáveis, de forma que uma sociedade evolua sustentavelmente.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para o desenvolvimento do trabalho são descritas nos itens subsequentes.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

Este trabalho, a partir da análise das emissões de carbono no município de Feliz, através de dados coletados, busca identificar a evolução de tais emissões, tendo por referência o pacto global.

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

A partir da quantificação das emissões de carbono identificadas no município de Feliz, avaliar se há a necessidade de reduzir as emissões de carbono, bem como a necessidade de firmar o pacto.

#### **2.2.2 Objetivo secundário**

- a) Propor medidas associadas ao planejamento urbano sustentável e ao comprometimento da população, de modo a beneficiar uma comunidade e a sociedade global;
- b) Contribuir para que as cidades assumam um comportamento mais sustentável;
- c) Contribuir para conscientização da sociedade sobre a necessidade de uma mudança de hábitos em prol de um bem maior.

## 2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que os dados provenientes do IBGE<sup>1</sup> e das demais referências bibliográficas são válidos para avaliar a evolução dos níveis de emissões na cidade de Feliz.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à localização da cidade de Feliz; portanto, todas as características geográficas, climatológicas, socioeconômicas e normativas deverão ser consideradas para este estudo.

## 2.5 LIMITAÇÕES

A limitação do trabalho é que toda a coleta de dados foi baseada em pesquisas já realizadas e apresentadas no banco de dados das instituições referidas.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

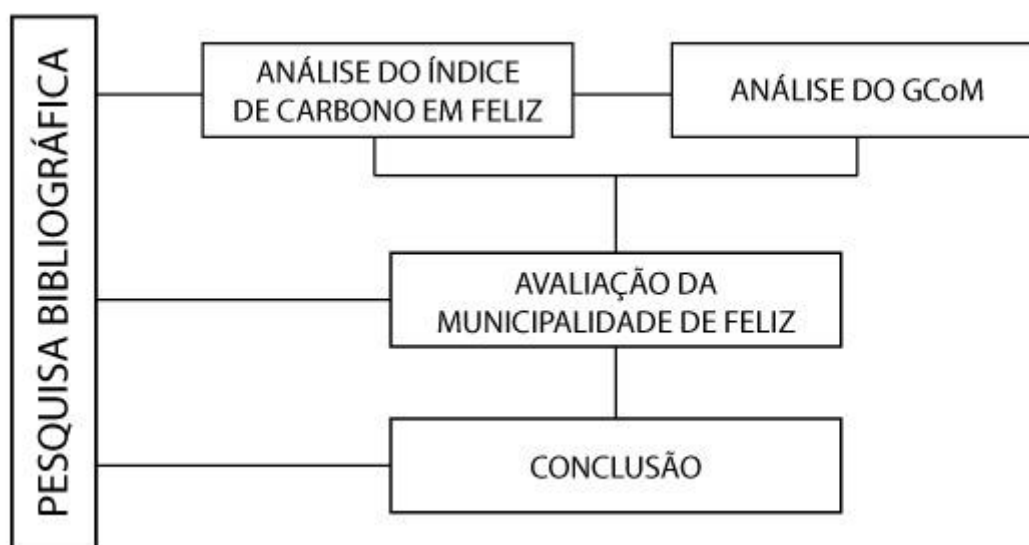
- a) pesquisa bibliográfica;
- b) análise do GCoM;
- c) análise do índice de Carbono na cidade de Feliz;
- d) avaliação da municipalidade de Feliz com base no GCoM;
- e) considerações finais.

---

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.



Figura 1 – Organograma das etapas da pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

O trabalho se inicia pela pesquisa bibliográfica. Durante esta etapa, são definidos conceitos de sustentabilidade e pegada de carbono, bem como os conceitos de cidade sustentável e cidades com zero ou baixa emissão de carbono. Além de estar presente em todas as etapas de desenvolvimento, a pesquisa bibliográfica servirá, também, de referencial para a definição dos métodos para a execução desse tipo de pesquisa e da verificação da consistência do estudo.

A segunda etapa da pesquisa se dá de forma simultânea, na qual é feita uma avaliação da potencial mudança no índice de carbono após a adoção de ações mitigadoras baseadas no plano proposto pelo GCoM.

Após esta análise, se inicia a **coleta de dados** quanto à emissão de carbono no período atual. Esta coleta é feita a partir de dados fornecidos pelo IBGE e pelo NOAA e, também, por dados já coletados em pesquisas anteriores.

A partir das informações coletadas, é feita a **comparação da atual municipalidade de Feliz e suas atividades emissoras de CO<sub>2</sub> com as medidas propostas pelo GCoM.**

O desenvolvimento da pesquisa se encerra com a conclusão quanto ao grau de efetividade das ações mitigadoras.

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho consiste em um estudo de avaliação ambiental da emissão de gás carbônico produzida no município de Feliz. Este capítulo se dividirá em quatro partes, no qual: o primeiro tópico se propõe a expor a estratégia de pesquisa adotada e suas motivações; o segundo tópico aborda a descrição detalhada do estudo de caso; o terceiro tópico trata da coleta de dados e o seu detalhamento; e o quarto tópico se propõe a apresentar os raciocínios utilizados em cada uma das etapas do delineamento da pesquisa para a análise.

#### **3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA**

De acordo com Tachizawa e Mendes Filho (1999), “[...] pode-se desenvolver uma monografia conceitual inteiramente do tipo análise teórica, com a pesquisa bibliográfica, mas com a inserção de um exemplo de aplicação [...]”. Portanto, o presente estudo se enquadra nesta definição apresentada pelos autores e, para este projeto, é desenvolvido um estudo de caso exploratório, visto que é feita uma análise das atuais emissões de carbono dentro de Feliz e sugerido modificações no seu planejamento urbano, com base do pacto do GCoM, permitindo que a cidade possa se tornar uma cidade mais resiliente.

#### **3.2 OBJETO DE ESTUDO: A MUNICIPALIDADE DE FELIZ**

O município de Feliz pertence ao Estado do Rio Grande do Sul e está situado na região do Vale do Caí, encosta inferior do Nordeste, no limiar da Serra Gaúcha, à 80km da capital Porto Alegre. Possui uma área de 95,37km<sup>2</sup>, com um relevo caracterizado por vales, morros e planícies, destacadas pela sua grande fertilidade do solo. Possui um clima temperado, com temperaturas que oscilam entre 5°C e 39°C. A população total é de 12.359 habitantes (IBGE, 2010), sendo 76,18% da população residentes da área urbana e outros 23,81% residentes da zona rural. De acordo com Feliz (2016), a agricultura representa o principal setor econômico da cidade, com 35,10% e os outros 64,9% dividem-se entre o setor industrial e o setor de comércio e serviços.

Feliz é reconhecida pela sua qualidade de vida, sendo responsável pela primeira vez na qual o Brasil integrou o grupo dos países com alto IDH, ocupando, em 1998, o 62º lugar no ranking mundial. De acordo com o FGV<sup>2</sup> (2012), Feliz é o 5º município com maior ISDM<sup>3</sup> do país.

A legislação atualmente em vigor no município, referente ao seu planejamento urbano, é o Plano Diretor de 2015 (Lei Ordinária 3052/2015), além do Código de Obras (Lei Ordinária 3443/2018) e de Política do Meio Ambiente (Lei Ordinária 2514/2011). O Plano Diretor divide a cidade em três macrozonas: a macrozona rural, a macrozona urbana e a macrozona de proteção ambiental. A macrozona urbana é subdividida em nove unidades, nas quais são especificadas as construções que atendem às características de cada unidade:

- i. Zona Residencial I (ZR I): Zona destinada predominantemente à moradia e demais atividades de uso cotidiano que a complementem, desde que não perturbem a qualidade de vida dos seus moradores;
- ii. Zona de Comércio e Serviços (ZCS): Apresenta perímetro descontínuo e constitui-se como a principal centralidade da Macrozona Urbana, objetivando abrigar, de forma mais intensa, as atividades de comércio e serviço, bem como as demais de potencial poluidor médio;
- iii. Zona Industrial (ZI): Dedicada ao uso exclusivo industrial, exige investimento público para complementação da infraestrutura e sua viabilização e está localizada nos extremos leste e oeste do perímetro urbano;
- iv. Zona de Interesse Cultural (ZIC): Localizada no lado oeste da Rua Santa Catarina, tem como objetivo a valorização desta área como um núcleo de preservação dos bens culturais, fortalecendo a identidade histórico-cultural do Município;
- v. Zona de Interesse Institucional (ZII): Caracteriza-se por apresentar predominância de áreas públicas ou privadas destinadas a fins comunitários e administrativos, constituindo-se como uma referência para a cidade deste ponto de vista;

---

<sup>2</sup> Fundação Getúlio Vargas

<sup>3</sup> Índice Social de Desenvolvimento dos Municípios

- vi. Zona Residencial II (ZR II): Por manter fortes características rurais, tem o objetivo de controlar a expansão urbana aproveitando a infraestrutura existente com densidades menores;
- vii. Corredores Mistos (CM): Têm como objetivo abrigar atividades complementares às permitidas na Zona Residencial, atendendo às necessidades dos moradores das áreas não centrais e dispendo-se ao longo das vias principais;
- viii. Zona de Ocupação Restrita (ZOR): Tem como principal característica o alagamento recorrente, em função das cheias do Rio Caí, devendo, por esta razão, não ser edificada, admitindo-se apenas a instalação de atividades temporárias ou o seu uso por atividades ao ar livre;
- ix. Zona de Ocupação Semirrestrita (ZOSR): Zona que está sujeita a alagamentos menos recorrentes do que a Zona de Ocupação Restrita, admitindo-se a sua edificação, desde que sob pilotis, permanecendo acima da cota de enchente, mediante análise da Comissão Urbanística Municipal.

Cada zona definida no Plano Diretor possui um regime urbanístico próprio. Para a macrozona urbana, o Plano Diretor estabelece algumas diretrizes; dentre elas, são determinadas as atividades proibidas, estabelecidas conforme a zona e o potencial poluidor (Figura 2).

Figura 2 – Atividades proibidas, segundo potencial poluidor e zona urbana.

ATIVIDADES PROIBIDAS			
	RESIDENCIAL	COMÉRCIO E SERVIÇO	INDÚSTRIA
Zona de Comércio e Serviços		PP ALTO	PP ALTO
		PP BAIXO e MÉDIO > 2000m <sup>2</sup>	PP BAIXO e MÉDIO > 300m <sup>2</sup>
Zona de Corredores Mistos		PP ALTO > 300m <sup>2</sup>	PP ALTO
		PP BAIXO e MÉDIO > 2000m <sup>2</sup>	PP BAIXO e MÉDIO > 300m <sup>2</sup>
Zona Residencial I		PP ALTO	PP ALTO
		PP MEDIO E BAIXO > 300m <sup>2</sup>	PP MEDIO E BAIXO > 300m <sup>2</sup>
Zona de Interesse Cultural		PP ALTO	PP MEDIO E ALTO
		PP MEDIO E BAIXO > 300m <sup>2</sup>	PP BAIXO > 300m <sup>2</sup>
Zona de Interesse Institucional	-	-	-
	-	-	-
Zona Residencial II		PP ALTO	PP ALTO
		PP MEDIO E BAIXO > 300m <sup>2</sup>	PP BAIXO e MÉDIO > 300m <sup>2</sup>
Zona Industrial	<b>ATIVIDADE RESIDENCIAL</b>		

(fonte: FELIZ, 2015)

### 3.3 COLETA DE DADOS

O estudo realizou uma pesquisa de dados sobre emissão de gás carbônico, onde se buscou apresentar quais são as atividades humanas produtoras de gás carbônico dentro do município de Feliz. O monitoramento da emissão de gás carbônico é feito através de uma estação que captura o ar em frascos secos e limpos, e os enviam para laboratórios de análise. A composição da atmosfera é de aproximadamente 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio e 1% de argônio, o restante consiste em gases traços, sendo que alguns desses gases se constituem em gases do efeito estufa, como o dióxido de carbono e o metano. Devido à baixa porcentagem de gases de efeito estufa na composição da atmosfera, se faz necessário um instrumento sensível para a medição do dióxido de carbono, que é representado em partes por milhão (ppm). Embora o crescimento da concentração de gás carbônico na atmosfera seja contínuo, a sua concentração possui uma sazonalidade, variando ao longo do dia, das estações

e conforme a latitude em que é feita a coleta. Como as coletas se delimitam ao município de Feliz, a latitude pode ser considerada um fator nulo na análise dos dados; entretanto, se faz necessário considerar a época do ano em que foi obtida a coleta e a hora em que ela foi feita. Tendo em vista a sua sazonalidade, o monitoramento requer um longo período de tempo, não sendo possível ser realizado no intervalo de tempo dessa pesquisa.

Portanto, a coleta de dados consistiu no reaproveitamento de dados levantados na dissertação apresentada por Coelho-de-Souza (2009), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e na tese apresentada por Kuhn (2014), como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia. Como forma de obtenção dos dados, em ambas as pesquisas foram realizadas entrevistas com os habitantes, visitas na cidade, comunicação via correio eletrônico e análises de documentos e registros em arquivos disponibilizados através de sites na internet. Os demais dados, não encontrados nas pesquisas anteriores, foram coletados a partir de sensores levantados pelo IBGE e MAPBIOMAS e, também, por sites que fornecem informações sobre as concentrações de gás carbônico emitidas pelas ações antrópicas, dentro da cidade de Feliz.

Tendo obtido todos os dados referentes às atividades emissoras de carbono, foi utilizado um fator multiplicador específico, para cada tipo de emissão, sendo esses fatores reaproveitados de outras pesquisas. Após a obtenção dos fatores, foi feito o cálculo da emissão de carbono, para cada tipo de atividade, no período de um ano, utilizando-se a fórmula 1 a seguir:

$$EC = \varphi \cdot \gamma \quad (\text{fórmula 1})$$

Sendo:

EC = índice de emissão de  $CO_2$ ;

$\varphi$  = fator médio de emissão de carbono;

$\gamma$  = concentração do tipo de atividade.

### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos dados, é feita uma comparação com a capacidade da vegetação existente no município de Feliz em absorver as suas emissões de carbono. A capacidade de absorção da arborização de Feliz é feita através da fórmula 2.

$$AC = N.\alpha \quad \text{(fórmula 2)}$$

Sendo:

AC = capacidade de absorção de carbono no período de um ano;

N = quantidade de arborização;

$\alpha$  = fator médio da capacidade de absorção de carbono por espécie de árvore.

Como parte da análise é feito, também, um levantamento das emissões de municípios signatários do Pacto Global de Prefeito pelo Clima e a Energia e, após uma breve comparação com as emissões de Feliz.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os conhecimentos adquiridos a partir da revisão bibliográfica são importantes para o desenvolvimento das etapas descritas no delineamento. Portanto, neste capítulo foram reunidas informações consideradas fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

### 4.1 SUSTENTABILIDADE

Tido como um tema muito amplo, a sustentabilidade está presente em diversos estudos, sendo tema de questões sociais, econômicas e ambientais. Desse modo, este tópico abordará sobre algumas de suas definições, conceitos e contexto histórico.

### 4.1.1 Definição

Segundo Moehlecke (2010, p. 17): “[...] a expressão desenvolvimento sustentável é uma abordagem ainda em construção, repercutindo muitas vezes em críticas e controvérsias, sendo frequentemente criticado por seu caráter propositivo pouco operacional [...]”. Entretanto, há inúmeros outros autores que defendem a ideia e trazem suas respectivas definições para o termo. Redclift (1993) considera o Desenvolvimento Sustentável uma ideia poderosa e Brundtland (1987) define sustentabilidade como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades. Hoje há um verdadeiro mar de literatura que aborda o desenvolvimento sustentável das maneiras mais diversas (WACKERMANN, 2008) e, adotar apenas uma definição para um tema tão amplo, pode ser uma atitude errônea.

### 4.1.2 Contexto Histórico

Tendo em vista que termos como “sustentável”, “limpo”, “verde” ou “zero-emissão” são usados de forma bastante confusa na literatura científica, muitas vezes significando coisas diferentes em natureza ou grau para diferentes autores (PREMALATHA, et al. 2013), é difícil chegar a um consenso sobre quando o tema foi abordado pela primeira vez. Entretanto, se considerarmos a primeira menção ao termo “desenvolvimento sustentável” durante o Simpósio das Nações Unidas, em Estocolmo, como marco inicial do conceito de sustentabilidade, teremos o ano de 1972. Por outro lado, há uma linha do tempo desenvolvida pelo Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável (IISD), em 2012, que coloca a publicação do *Silent Spring*, de Rachel Carson, em 1962, como o grande marco que deu início às interconexões entre o meio ambiente, a economia e o bem-estar social. Já Azambuja (2014) coloca a fundação da IUCN<sup>4</sup> em 1948, como o ponto inicial da linha do tempo da sustentabilidade. O marco introdutório a esse tema varia conforme a fonte, porém podemos afirmar que, independentemente da fonte levada em consideração, o tópico é ainda muito recente.

Posteriormente à conferência de Estocolmo, enquanto a preocupação universal sobre o uso saudável do planeta e de seus recursos continuou a crescer, outras convenções internacionais

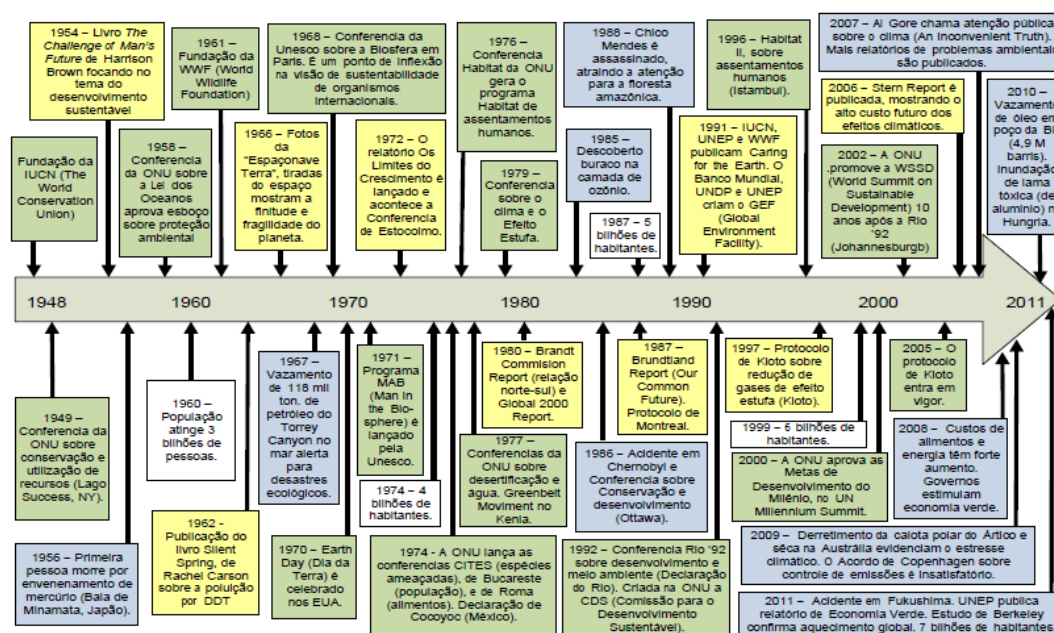
---

<sup>4</sup> The World Conservation Union



que abordaram a sustentabilidade foram realizadas, como a Convenção de Viena para Proteção da Camada de Ozônio, em 1985; o Protocolo de Montreal, em 1987; a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), em 1992; o Protocolo de Kyoto, em 1997 e; a Rio+20, em 2012 (IISD, 2012).

Figura 3 – Linha do tempo com os principais eventos que levaram a um aumento da consciência ecológica mundial



(fonte: AZAMBUJA, 2014)

## 4.2 CIDADES SUSTENTÁVEIS

Globalmente, as áreas urbanas são responsáveis por 40 a 70% das emissões de gases de efeito estufa (MUTIZWA-MANGIZA et al., 2011) e são exatamente as cidades as vítimas das próprias emissões; entretanto, elas também podem se tornar parte da solução. Como visto no capítulo anterior, a preocupação com o desenvolvimento sustentável aumentou nas últimas décadas. Com isso, o engajamento das cidades em se adequar às políticas externas de preservação ambiental cresceu, dando espaço para o surgimento de inúmeros conceitos que caracterizassem os diferentes projetos sustentáveis que as cidades têm assumido. Dentre eles,

podemos citar “Cidades Verdes”, “Cidades Inteligentes”, “Cidades Ecológicas”, “Cidades Resilientes”, “Cidades de Baixo Carbono” e até mesmo “Cidades Zero Carbono”.

Para que uma cidade seja considerada sustentável, ela deve ser capaz de ser suprida com fontes de energia totalmente renováveis e deve fazer proveito da terra com o máximo de eficiência possível, sem que haja contaminação. Outras características devem ser levadas em conta, como por exemplo, a geração de resíduos, que deve ser a menor possível e, o ambiente circundante, que deve proporcionar um espaço saudável, seguro e agradável. Premalatha, et al. (2013) compara o conceito de cidade sustentável a uma cidade rural:

[...] acesso fácil de pedestres das residências a serviços públicos, como lojas, escolas e casas de oração. As aldeias dependiam também quase que exclusivamente de energia renovável [...] As aldeias existiam em um modo de baixo carbono e baixo desperdício, se não um de zero carbono e zero desperdício. A única diferença aparente é que as cidades sustentáveis têm como objetivo perceber todas as características positivas de uma existência rural e ainda assim aspirar a manter o vertiginoso avanço econômico.

Esse conceito apresentado por Premalatha, et al. pode parecer utópico, principalmente se levarmos em conta o desenvolvimento desenfreado de cidades como Xangai e Mumbai e, também, a crescente população mundial, tornando, cada vez mais, cidades em grandes metrópoles. O planejamento urbano se torna quase impossível de ser desenvolvido para estas cidades e, problemas como a poluição do ar, da água e do ruído, o saneamento precário e a moradia carente persistem em praticamente todas elas, mostrando que os problemas urbanos estão intimamente ligados à sustentabilidade ambiental. Por este motivo, têm-se mais projetos de novas cidades inteligentes do que projetos que buscam adaptar as já cidades construídas. Inclusive, esse é o caso da Smart City Laguna, localizada no Ceará, que possui potencial de atender os requisitos apontados por Premalatha, et al., sendo uma cidade moderna, acessível e sustentável.

A categoria “Cidades Zero Carbono” e “Cidades Inteligentes” têm ganhado cada vez mais força nos audaciosos discursos políticos e nos setores imobiliários. Podemos citar a cidade de Dongtan, na China e a cidade de Masdar, próxima de Abu Dhabi, como duas das precursoras na tentativa de pertencer à categoria “Zero Carbono”. Para que uma cidade seja considerada Zero Carbono, ela deve reduzir as emissões de gases de efeito estufa a zero e a energia utilizada para alimentar as atividades da cidade deve ser renovável e livre de poluentes. Segundo Premalatha, et al (2013): “a existência de carbono zero é inatingível a menos que

reduzamos a energia e o consumo de material, colocando em prática estratégias para sequestrar qualquer carbono antropogênico que seja emitido”. Já a categoria “Cidades de Baixo Carbono”, um pouco menos audaciosa e um tanto mais realística para os padrões atuais de tecnologia e conscientização social, aparece em programas de iniciativa sustentável e tem como critérios reduzir a emissão de carbono, utilização de tecnologias limpas, planejamento ecológico e estilo de vida de baixa emissão de carbono. Como exemplo de cidade com baixa emissão de carbono está a cidade de New Songdo, na Coreia do Sul (KIM, 2010). Para Premalatha, et al. (2013) “a existência de cidades de baixo teor de carbono é muito maior, podendo, inclusive, ser aplicado em cidades, vilas e aldeias já existentes”, diferentemente das cidades “zero carbono”, para as quais, até hoje, o conceito somente foi aplicado em cidades construídas do zero.

Infelizmente, ainda há muitos governantes desinteressados em investir em sustentabilidade, por não acreditarem que trarão retornos significativos; entretanto, o custo à adaptação é menor para as cidades do que o preço a ser pago para lidar com as consequências de catástrofes. Muitos países já possuem dados suficientes para validar essa afirmativa. Como exemplo, podemos citar os EUA, cujo país recentemente se retirou do Acordo de Paris<sup>5</sup>, sofreu, em 39 anos, 241 desastres climáticos, dos quais os danos atingiram ou ultrapassaram US \$ 1 bilhão cada, totalizando mais de US \$ 1,6 trilhões em gastos (NOAA, 2019).

### 4.3 PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

Neste tópico serão levantadas algumas iniciativas consideradas contribuintes para que uma cidade se torne mais sustentável. Segundo Premalatha, et al. (2013), o conceito de “ecocidade” não pode ser traduzido em realidade, a menos que os habitantes da cidade estejam comprometidos voluntariamente e observem consistentemente as limitações do consumo de recursos e sacrifiquem parte do “conforto” ilusório. Portanto, abaixo estão listadas algumas medidas que podem ser adotadas para que seja facilitada a tomada de decisão do cidadão pela opção mais sustentável (ROSELAND, 1997):

---

<sup>5</sup> Acordo firmado entre países da UNFCCC com o objetivo de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE).

- a) Revisar as prioridades de uso da terra para criar comunidades compactas, diversificadas, verdes, seguras, agradáveis e de amplos usos essenciais entorno da comunidade;
- b) Revisar as prioridades de transporte, de tal forma que favoreça o acesso a pé e de bicicleta, ao invés de carro, enfatizando o “acesso pela proximidade”;
- c) Restaurar ambientes urbanos danificados, especialmente riachos, linha de costas, cordilheiras e zonas úmidas;
- d) Criar habitações acessíveis, seguras, convenientes e economicamente mistas;
- e) Contribuir para o desenvolvimento de uma sociedade justa e criar melhores oportunidades para os mais desfavorecidos socialmente;
- f) Apoiar a agricultura local, projetos urbanos verdes e de jardinagem comunitária;
- g) Promover a reciclagem, a adoção de tecnologias apropriadas e a conservação de recursos, reduzindo a poluição e os resíduos perigosos;
- h) Apoiar atividades econômicas ecologicamente corretas e, ao mesmo tempo, desestimular a poluição, o desperdício e o uso e a produção de materiais perigosos;
- i) Promover a vida simples e desencorajar o consumo excessivo de bens materiais;
- j) Aumentar a conscientização pública sobre o meio ambiente local e a biorregião, por meio de projetos ativistas e educacionais sobre questões de sustentabilidade ecológica.

#### 4.4 PACTO GLOBAL DE PREFEITOS PELO CLIMA E A ENERGIA

O Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia é uma aliança global e voluntária de cidades e governos locais. A aliança visa à mitigação das mudanças climáticas, de forma que sejam reduzidos os impactos gerados pelas atividades econômicas e sociais da cidade, e que se permita o acesso de toda a população à energia sustentável. O pacto é a maior coalização global de prefeitos e autoridades locais e já conta com 9.300 cidades comprometidas.

O compromisso dos signatários envolve implementar um Plano de Ação pelo Clima e Energia Sustentável<sup>6</sup>. O plano deve abordar mitigação e adaptação climática até 2030, incluindo um Inventário Base de Emissões e uma Avaliação de Vulnerabilidade e Risco, que correspondem, respectivamente, aos dois vieses abordados pelo plano. As medidas adotadas pelas cidades devem compreender quatro preceitos:

- i. Reduzir ou limitar as emissões de gases de efeito estufa;
- ii. Preparar-se para os impactos das mudanças climáticas;
- iii. Aumentar o acesso à energia sustentável;
- iv. Controlar o progresso em direção a esses objetivos.

Depois de firmado o compromisso, a cidade deve reportar publicamente todas as suas ações, tendo o período de três anos para desenvolver e aplicar os planos sustentáveis.

Para que seja assegurada coesão entre os parceiros, o GCoM possui uma governança subdividida por regiões. A estruturação entre os parceiros de países da América Latina correspondem a uma região. Essa estruturação inclui a instituição de um Secretariado Regional, um Comitê Diretor Regional (RSC) e Comitês Consultivos Nacionais (NCC) (Figura 4). Dentro de cada país parceiro são instituídos Comitês Consultivos Nacionais, no qual é instituída uma Estratégia Nacional e, são instituídas organizações responsáveis por auxiliar as cidades envolvidas, nomeadas como Coordenadores Nacionais. No Brasil existem oito organizações nomeadas membras do Comitê Consultivo Nacional, que são elas: ICLEI<sup>7</sup>, Ministério do Meio Ambiente, Delegación de la Unión Europea em Brasil, ABM<sup>8</sup>, CNM<sup>9</sup> e FNP<sup>10</sup>. Assim também, existem três organizações nomeadas como Coordenadores Nacionais, que são elas: ABM, CNM e FNP (COMITÊ DIRETOR REGIONAL DA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2017).

---

<sup>6</sup> Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP)

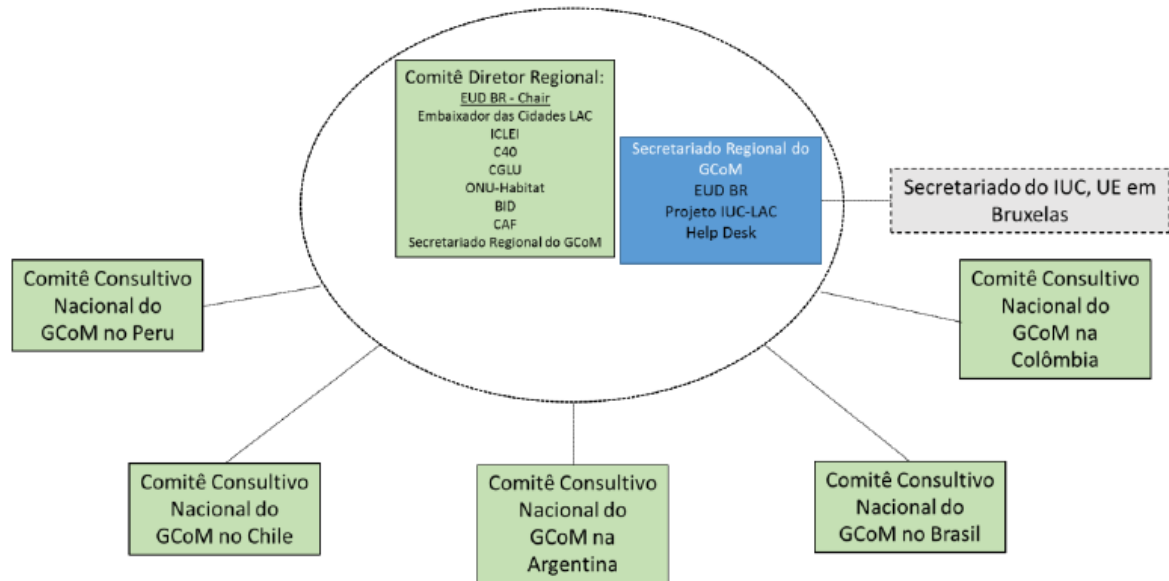
<sup>7</sup> ICLEI Local Governments for Sustainability

<sup>8</sup> Associação Brasileira de Municípios

<sup>9</sup> Confederação Nacional de Municípios

<sup>10</sup> Frente Nacional de Prefeitos

Figura 4 – Estrutura de Governança da Comunidade Regional do Pacto Global de Prefeitos (GCoM)



(fonte: COMITÊ DIRETOR REGIONAL DA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 2017)

Atualmente existem noventa e uma cidades brasileiras signatárias; dentre elas, quatro cidades possuem o porte semelhante ao de Feliz. Isto é, correspondem aos municípios classificados como centros de zona, nos quais há atuação restrita à sua área imediata, e que possuem população superior a dez e inferior a 23 mil habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2008). As quatro cidades encontram-se em fase inicial e ainda não divulgaram seu inventário de emissões.

#### 4.5 PEGADA DE CARBONO

Em consequência das atividades humanas, a temperatura média global vem aumentando com o passar dos anos e ultrapassando fronteiras irreversíveis. Consequentemente, processos de degelo, aumento do nível dos oceanos e fenômenos climáticos extremos estão ocorrendo. Paralelamente, muitos habitats estão sendo afetados e, em decorrência disso, espécies estão sendo extintas e ecossistemas sendo prejudicados. Tendo em vista estes acontecimentos, esforços globais que visam à atenuação da mudança climática são guiados por projeções de temperaturas futuras. Como forma de combater esses problemas, princípios de gestão de carbono estão sendo considerados no planejamento urbano, de forma que sejam reduzidas as

emissões antrópicas de dióxido de carbono e outros gases do efeito estufa. Conforme Coelho-de-Souza (2009):

A Agenda 21 e a Agenda Habitat para municípios abordam que os atuais padrões de desenvolvimento degradam os recursos naturais, afetando as condições de vida da população nas cidades. Esses documentos alertam para que haja respeito pela capacidade de absorção dos ecossistemas

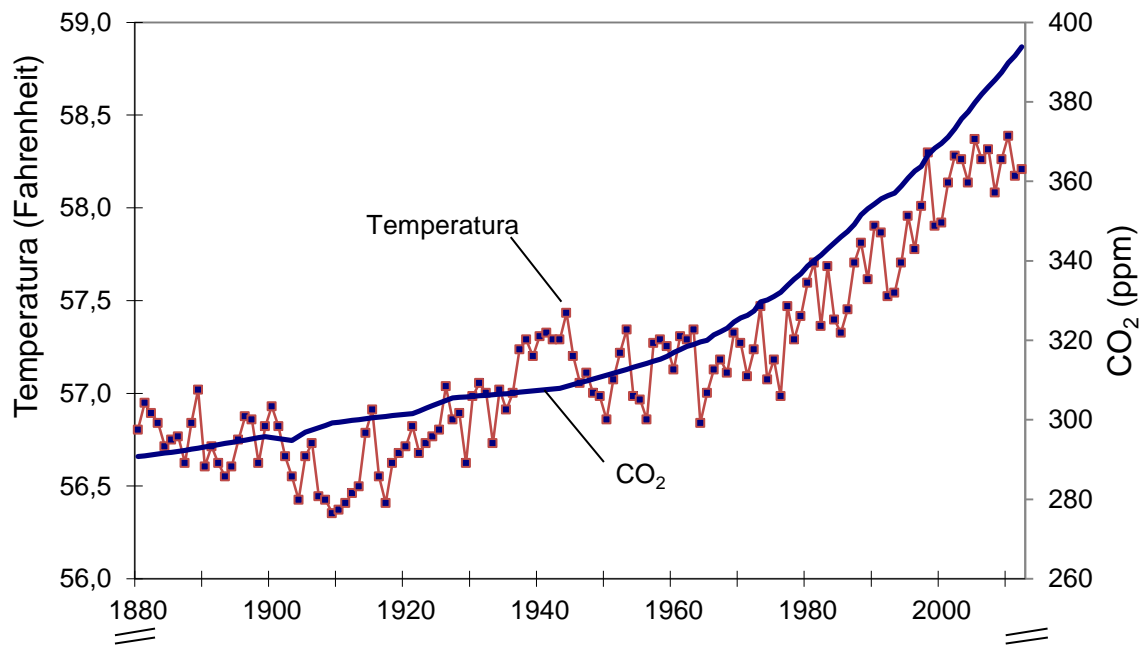
Tendo isso em vista, é introduzido o conceito de pegada de carbono, que representa a quantidade total das emissões de gases de efeito estufa, produzidas direta e indiretamente, por uma pessoa, organização, evento ou produto (CARBON TRUST, 2018).

As mudanças climáticas estão se tornando cada vez mais frequentes e, ainda que o planeta sempre tenha sofrido alterações climáticas naturais, a proporção das mudanças no clima nunca foi tão rápida e intensa como tem sido nos últimos anos. Se levarmos em conta a temperatura média da Terra no ano de 1912 (Figura 5), no qual as atividades humanas emissoras de gases de efeito estufa não eram tão abundantes, em comparação à temperatura média da Terra no ano de 2012, teremos uma diferença de 1°C em 100 anos, com os aumentos mais substanciais ocorrendo a partir de 1970. Entretanto, esse valor tende a aumentar de forma mais rápida ao longo dos anos. Conforme o Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas<sup>11</sup>, as temperaturas mundiais podem sofrer um aumento de 1,4° C a 5,8° C até o final do século. A perspectiva mais otimista é a de que as emissões de dióxido de carbono atingirão em 2100 o dobro dos níveis anteriores à Revolução Industrial.

---

<sup>11</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Figura 5 - Temperatura global média e concentração de dióxido de carbono atmosférico, 1880-2012



(fonte: EARTH POLICY INSTITUTE, 2013)

A partir da Figura 5 é possível ver a relação entre o aumento da temperatura média da Terra e o aumento da concentração de gás carbônico na superfície terrestre. A produção cada vez mais acelerada de dióxido de carbono, a partir das atividades antrópicas, está fazendo com que a concentração do gás na atmosfera suba para picos mais altos, a cada ano que passa. A intensificação do aquecimento global poderá amplificar, tanto os períodos de seca, quanto os períodos úmidos, provocando grandes secas ou cheias. Com o derretimento das calotas polares, o nível dos oceanos subirá, tornando-se necessário um grande investimento para lidar com a infraestrutura para as populações localizadas em áreas vulneráveis. Como exemplo dessa mudança climática, podemos citar a seca no nordeste do Brasil, ocorrida entre o final de 2012 e o início de 2013, considerada a mais severa no último meio século. O resultado foi cerca de US \$ 8 bilhões em perdas. Então, em dezembro de 2013, chuvas de dois meses caíram em questão de horas, na maior precipitação em 90 anos, levando a graves inundações e



deslizamentos de terra. O alto custo investido para remediar essas consequências poderia ser utilizado para investir em tecnologias que colaborassem na preservação do meio ambiente.

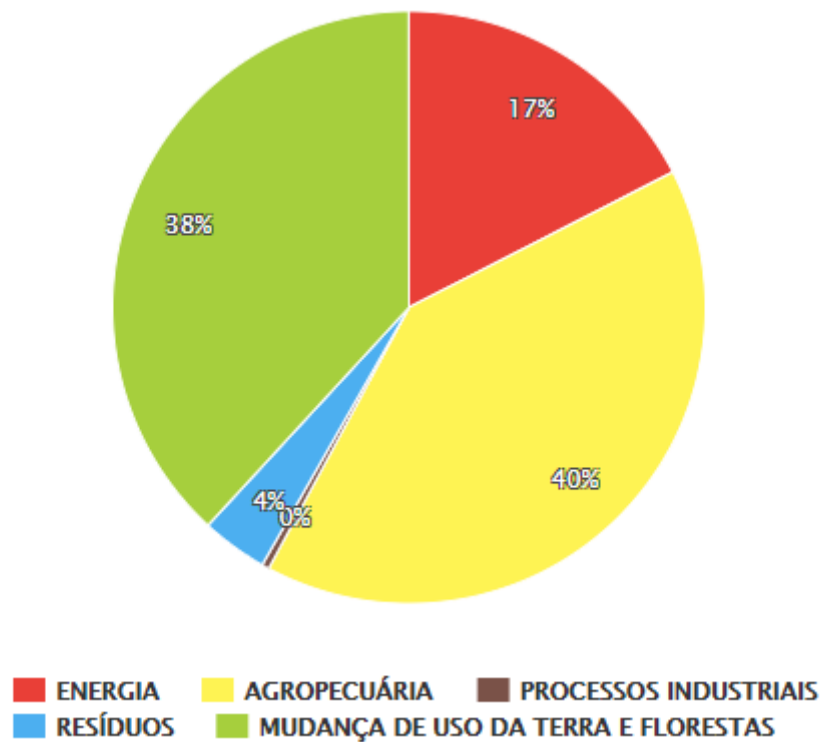
O risco de surpresas climáticas está aumentando com o aumento da temperatura. Além disso, o risco de se atingir fronteiras invisíveis, como a perda de grandes camadas de gelo, em que os efeitos do aquecimento global se tornam irreversíveis, em uma escala temporal humana, é real. Com taxas rápidas de mudança, a adaptação se torna inevitável.

O Rio Grande do Sul, Estado onde Feliz está localizada, está situado na quinta posição entre os estados de maior emissão de CO<sub>2</sub> do Brasil, conforme dados do SEEG<sup>12</sup> (2016). Em específico, nesse Estado, o setor agropecuário representa 40% das emissões, em contraste com as indústrias de produções variadas, que não chegam a 1% no Estado (Figura 6). Não obstante, no Brasil, a agropecuária fica em segundo lugar, como atividade de maior emissão, representando 24% e perdendo somente para as mudanças no uso do solo e remoção de florestas, que correspondem a 46% do total de emissões de CO<sub>2</sub> no país.

---

12 Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

Figura 6 – Estimativa das principais fontes de emissão de GEE no Rio Grande do Sul em 2017



(fonte: SEEG, 2016)

## 5 LEVANTAMENTO E COLETA DE DADOS

O levantamento e coleta de dados foram obtidos por documentos locais e pesquisas anteriores. Neste capítulo, os dados referentes às emissões de carbono foram divididos em cinco áreas, apresentadas a seguir:

### 5.1 SETOR PRIMÁRIO

A categoria de setor primário levou em conta apenas as atividades que fazem uso do solo na cidade de Feliz para a produção de bens de consumo, desconsiderando os produtos industrializados. A categoria foi subdividida em (i) produtos de cultivo agrícola e (ii) produtos de origem animal, detalhados a seguir:

### 5.1.1 Produtos de cultivo agrícola

A agricultura está diretamente relacionada com as emissões de  $CO_2$ . Para Zanela et al. (2016) o gás carbônico ( $CO_2$ ) “pode ser encontrada no preparo convencional do solo, na queima de resíduos agrícolas e na queima pelo consumo de combustíveis fósseis na produção agrícola.”. Na impossibilidade de obter dados referentes à queima de resíduos agrícolas e, também, devido à constatação de que as emissões a partir dessa prática representam somente 1,5% das emissões nacionais (SEEG, 2017), optou-se por não contabilizar os gases de efeito estufa. O consumo de combustíveis será avaliado no item 5.3 e, para que não haja duplicação nos resultados, não será explorado no consumo de produtos agrícolas. Entretanto, considerou-se importante contabilizar as emissões devido ao uso de fertilizantes e defensivos agrícolas. Na Tabela 1 são apresentados os cinco principais produtos de cultivo agrícola da cidade.

Tabela 1 - Análise das cinco principais culturas agrícolas de Feliz em 2016

<b>Cultivo</b>	<b>Quantidade produzida em 477 ha (%)</b>
Mandioca	23,1
Figo	18,9
Batata-doce	15,7
Milho (em grão)	14,7
Tomate	6,7

(fonte: SEBRAE, 2019)

As emissões de carbono referentes ao preparo do solo variam conforme o tipo de preparação escolhido e, para fins de cálculo, nesse projeto foi considerado o Preparo Convencional do solo (PC). Segundo Costa Junior et al. (2013), a emissão de  $CO_2$  do solo sob preparo convencional é de 1,47  $tCO_2eq/ha/ano$ . A partir da Tabela 2 é possível verificar a quantidade mensurada de  $CO_2$  emitida no cultivo de Feliz, totalizando 701,190 toneladas no ano de 2016.

Tabela 2 - Emissão de  $CO_2$  do solo sob preparo convencional

<b>Cultivo</b>	<b>Quantidade produzida (ha)</b>	<b>Quantidade de <math>CO_2</math> emitida [t/ano]</b>
Mandioca	110,187	161,975
Figo	90,153	132,525
Batata-doce	74,889	110,087
Milho (em grão)	70,119	103,075
Tomate	31,959	46,980
Outros	99,693	146,549

(fonte: COSTA JUNIOR ET AL., 2013)

Para a estimativa das emissões provenientes do consumo de fertilizantes e defensivos agrícolas, será utilizado um fator médio de 298,38 e 30,39 kg  $CO_2eq/ha/ano$  respectivamente.

Tabela 3 – Emissões de  $CO_2$  pela aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas por cultura agrícola de Feliz

<b>Cultivo</b>	<b>Quantidade de <math>CO_2eq</math> emitido pelo consumo de fertilizantes [t/ano]</b>	<b>Quantidade de <math>CO_2eq</math> emitido pelo consumo de defensivos agrícolas [t/ano]</b>
Mandioca	32,878	3,349
Figo	26,900	2,740
Batata-doce	22,345	2,276
Milho (em grão)	20,922	2,131
Tomate	9,536	0,971
Outros	29,746	3,030

(fonte: GARCIA, SPERLING, 2010)

### 5.1.2 Produtos de origem animal

Como visto anteriormente no capítulo quatro, a pecuária foi o principal setor de emissões de GEE no Rio Grande do Sul, em 2016, e, portanto, não poderia deixar de ser analisado na cidade de Feliz. Apesar dos inúmeros índices apontando para a pecuária como um dos principais causadores das emissões de GEE, ela também é um dos principais setores da economia Brasileira, o que pode corroborar para a desvalorização de atitudes ecológicas nesse setor. A problemática desse setor vai, desde o desmatamento de grandes áreas para a criação de animais, perda de biodiversidade local, até a emissão de gás metano gerada pelos próprios animais. Tendo isso em vista, a criação de rebanho para o ano de 2017, no município, pode ser visto a seguir, na Tabela 4:

Tabela 4 – Rebanhos do município de Feliz em 2017

<b>Família</b>	<b>Quantidade (un.)</b>
Bovino	2.848
Ovino	189
Galináceos	674.807
Equino	175
Suíno	4.395
Bubalino	3
Caprino	0
Codornas	365

(fonte: IBGE, 2017)

Uma das principais consequências da pecuária é a mudança na forma de uso do solo, que gera processos erosivos e, inevitável degradação do solo (EMBRAPA, 2016). Essa problemática é acentuada quando enfatizamos que a pecuária e a ração animal já utilizam 33% da terra arável global (FAO, 2006). Porém, esse estudo não irá abordar a quantidade de terra desmatada na Feliz, nem a quantidade de área utilizada atualmente para pastoreio e produção de ração e, sim, irá apresentar as emissões equivalentes de  $CO_2$  emitidas pela criação de animais. Para chegarmos nessa estimativa, foi feito um levantamento do rendimento por cabeça, dos

produtos produzidos na região, no Rio Grande do Sul. A tabela a seguir mostra o levantamento:

Tabela 5 – Estimativa da produção pecuária na Feliz

<b>Animal (cabeça)</b>	<b>Tipo de alimento</b>	<b>Quantidade efetiva do animal (cabeça)</b>	<b>Quantidade de carcaça produzida</b>			<b>Quantidade média de carcaça produzida por animal</b>	
Galináceo	Carcaça de frango	209701548	401320	Tonelada	1,914	kg/cabeça	
Suíno	Carcaça de suíno	2025206	177093	Tonelada	87,444	kg/cabeça	
Bovino	Carcaça de bovino	457548	99454	Tonelada	217,363	kg/cabeça	
Bubalino	Carcaça de bubalino	-	-	-	242,000	kg/cabeça	
Ovino	Carcaça de ovino	-	-	-	23,000	kg/cabeça	

(fonte: IBGE, 2018; OLIVEIRA et al., 2002; RODRIGUES et al., 2003)

Devido à dificuldade em encontrar dados referentes aos demais produtos de origem animal, essa pesquisa abordou somente as emissões referentes às carnes dos animais apresentados na Tabela 5. As estatísticas referentes às emissões de dióxido de carbono e carbono equivalente são apresentadas na tabela abaixo e, os respectivos fatores foram obtidos por intermédio da pesquisa feita pela FAO (2013):

Tabela 6 – Emissão produzida por animal na Feliz no ano de 2017

<b>Animal</b>	<b>Intensidade de emissão (kg <math>CO_2</math> eq / kg produto)</b>	<b>Intensidade de emissão produzida na Feliz (toneladas <math>CO_2</math> eq)</b>
Bovino	46,2	27917,233
Bubalino	53,4	38,768
Ovino	23,8	72,804
Suíno	6,1	3193,532
Galináceo	5,4	6350,455

(fonte: elaborado pelo autor)

Na Tabela 6 foi considerada a contagem de  $CO_2$  equivalente, visto que os animais, principalmente os bovinos, emitem, em grande quantidade, gás metano para a atmosfera. O gás metano pode ser considerado ainda mais prejudicial para o planeta, entretanto, Goodland e Anhang (2009) afirmam que a meia-vida do metano na atmosfera é de “apenas 8 anos, contra pelo menos 100 anos para o  $CO_2$ ”. Como resultado, uma redução significativa na pecuária criada em todo o mundo reduziria os GEEs de forma relativamente rápida, em comparação com medidas envolvendo energia renovável e eficiência energética.

É importante ressaltar que os dados apresentados na Tabela 5 são apenas uma estimativa, considerando que todos os animais pertencentes à pecuária de Feliz originaram apenas a carne como produto. Contudo, essa estimativa pode ser considerada conservadora, pois os dados levados em consideração para o cálculo não abrangem o total de emissões envolvendo os produtos de origem animal.

## 5.2 ENERGIA

Conforme dados do SEEG (2018), diferentemente da média global, no Brasil, a geração de energia elétrica não é a atividade mais intensa em emissão dentro do setor de energia e isso se deve ao fato de contar com fontes renováveis de energia em sua matriz elétrica, principalmente a energia hidráulica. Tendo isso em vista, foi estimado que os dados de emissão para Feliz nessa categoria sejam inferiores aos dados referentes à geração de energia para o transporte.

Na categoria de energia, foi avaliada a contabilização de emissões de  $CO_2$  associadas à produção e ao consumo de energia elétrica dentro da cidade de Feliz. A distribuidora de energia elétrica para os consumidores de Feliz é a RGE, que possui na sua matriz elétrica 95,6% de fontes renováveis (CPFL, 2019). Na Tabela 7 é apresentado o consumo de energia, por setor, no ano de 2015:

Tabela 7 – Consumo de energia na Feliz no ano de 2015

<b>Setor</b>	<b>Consumo (MWh)</b>
Comercial	5.044
Industrial	26.208
Residencial	10.537
Rural	4.411
Setor Público	2.852
Outros	45

(fonte: FEE, 2017)

Para a estimativa das emissões foi utilizado um fator médio de emissões, para o ano de 2015, no valor de 0,1244 t $CO_2$ /MWh, fornecido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (2019). O fator médio leva em consideração as emissões de  $CO_2$  geradas a



partir da energia elétrica do Sistema Interligado Nacional do Brasil<sup>13</sup>. Na Tabela 8 é possível verificar os resultados encontrados para Feliz.

Tabela 8 – Emissão de  $CO_2$  pela geração de energia elétrica na Feliz no ano de 2015

<b>Setor</b>	<b>Emissão de CO2 [t]</b>
Comercial	627,474
Industrial	3.260,275
Residencial	1.310,803
Rural	548,728
Setor Público	354,789
Outros	5,598

(fonte: elaborado pelo autor)

### 5.3 TRANSPORTES

A categoria de transportes foi dividida em: (i) transporte movido à gasolina; (ii) transporte movido à óleo diesel e; (iii) transporte movido à álcool hidratado.

De acordo com a Fundação de Economia e Estatística (2017), foi vendida, dentro da cidade de Feliz, no ano de 2015, a quantidade de combustível apresentada na Tabela 9.

---

<sup>13</sup> Conjunto de instalações e de equipamentos que possibilitam o suprimento de energia elétrica nas regiões do país interligadas eletricamente, conforme regulamentação aplicável. (ANEEL, 2014).

Tabela 9 – Quantidade de combustível vendido na Feliz no ano de 2015

Combustível	Litros vendidos
Gasolina Automotiva	5.422.000
Óleo Diesel	4.712.000
Álcool Hidratado	198.000

(fonte: FEE, 2017)

De acordo com dados do SEBRAE (2019), Feliz aumentou sua frota de veículos em mais de 90% em apenas 10 anos. Na Tabela 10 é apresentada a frota de veículos automotores existentes no ano de 2017.

Tabela 10 – Frota de veículos automotores no ano de 2017

Veículo	Quantidade
Automóvel	5.786
Motocicleta	1.568
Caminhonete	873
Caminhão	468
Ônibus	93
Trator de rodas	36
Outros	1.396

(fonte: SEBRAE, 2019)

O rendimento de combustível varia conforme o veículo utilizado, entretanto, devido à impossibilidade de determinar o tipo de combustível usado para cada veículo, bem como o rendimento de cada veículo existente na Feliz, para fins de cálculo, será adotado um valor médio de emissões relacionadas ao tipo de combustível vendido na cidade.

Os dados utilizados para o cálculo das emissões relacionadas ao transporte foram obtidos por meio da pesquisa de Carvalho (2011). Para os veículos movidos a diesel, utilizou-se um fator de emissão médio de 2,6 kg de  $CO_2$ , para cada litro queimado na combustão. Optou-se por desconsiderar os valores referentes à produção e distribuição do diesel, tendo em vista a impossibilidade de determinar o local e a distância dos quais os postos de Feliz comercializam, com o intuito de manter as estimativas conservadoras e mais próximas da realidade. Do mesmo modo, foi considerado para a gasolina, apenas o seu valor de queima, sendo esse de 2,28 kg de  $CO_2$  por litro de gasolina pura. Para o caso do álcool hidratado, apesar de ele ser considerado um combustível renovável, devido ao cultivo da cana de açúcar ser capaz de absorver suas emissões provenientes da queima do motor, foi considerado um valor médio de 0,56 kg de  $CO_2$  por litro para a porção não renovável pertencente ao ciclo do álcool. Na Tabela 11 é possível verificar os resultados obtidos para a cidade de Feliz:

Tabela 11 – Emissões relativas de  $CO_2$  pelo transporte urbano de Feliz no ano de 2015

<b>Combustível</b>	<b>Emissões de CO<sub>2</sub> [kg]</b>
Gasolina Automotiva	12.362.160
Óleo Diesel	12.251.200
Álcool Hidratado	110.880

(fonte: CARVALHO, 2011)

## 5.4 EXTRAÇÃO DOMÉSTICA

A categoria de extração doméstica foi dividida em: (i) minerais e (ii) biomassa. Segundo Kuhn (2014), a extração doméstica de Feliz totalizou 101.250,97 toneladas, das quais 79,82% representa a extração de minerais. A seguir, são detalhados os principais constituintes de cada extração:

### 5.4.1 Extração Mineral

A mineração não só é um dos setores básicos da economia do país, como também é um dos principais setores dentro da construção civil. Por outro lado, é importante reconhecer seus impactos, merecendo, portanto, um levantamento de suas emissões.

Os principais minérios extraídos na Feliz são a argila e o saibro, representando, juntos, 93,3% das 80.821,27 toneladas extraídas. Os resultados referentes à extração doméstica de minerais na Feliz são apresentados na Tabela 12:

Tabela 12 – Extração doméstica de minerais na Feliz, por categoria, em toneladas.

Categorias	Massa [t]	Consumo por setor	
		Massa	Setor
Argila	49.916,57	49.916,57	Indústria Cerâmica
Saibro	25.255,67	1.396,00	Aterro
		24.059,67	Estradas
Rochas (arenito)	4.772,60	4.772,60	Construção Civil
Cascalho	676,43	676,43	Estradas

(fonte: KUHN, 2014)

Para estimativa das emissões de  $CO_2$  foram consideradas as emissões diretas, ou seja, a combustão de equipamentos fixos e móveis, a geração própria de energia, o uso de explosivos, as emissões do processo, as emissões fugitivas, o decapeamento, os resíduos sólidos e efluentes, o tratamento e a correção do solo. Foi desconsiderada a contabilização da aquisição de energia elétrica, para que não houvesse dupla contagem, visto que as emissões por energia elétrica já foram abordadas no item 5.2. No cálculo de emissões, foram atribuídas as emissões referentes aos casos típicos de extração de agregados da construção civil, utilizando um fator de  $0,00187 \text{ tCO}_2\text{e}$  por tonelada de massa, fornecido pelo IBRAM (2014). Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Emissões relativas de  $CO_2$  pela extração doméstica de minérios na Feliz.

<b>Categorias</b>	<b>CO2e [kg]</b>	<b>Setor</b>
Argila	93.343,986	Indústria Cerâmica
	2.610,520	Aterro
Saibro	44.991,583	Estradas
Rochas (arenito)	8.924,762	Construção Civil
Cascalho	1.264,924	Estradas

(fonte: IBRAM, 2014)

### 5.4.2 Extração de Biomassa

Os principais itens levantados para a extração doméstica de biomassa foram os produtos relacionados à agricultura, à silvicultura, à pesca e à caça. Entretanto, para que não houvesse duplicação nos resultados, o item referente à agricultura foi contabilizado apenas no item 5.1.1. Os resultados da extração doméstica de biomassa, por categoria, são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Extração doméstica de biomassa na Feliz, por categoria, em toneladas.

<b>Categoria de Biomassa</b>	<b>Produto</b>	<b>Quantidade [t]</b>
	Madeira de não coníferas	131,04
Extração vegetal e silvicultura	Casca de acácia negra	472,00
	Lenha	6.014,58
	Pescados de peixes marinhos	-
Pesca	Pescados de águas doces	-
	Outros	-
Caça	-	-
	Mel	3,49
Outras atividades	Cera de abelha	0,03
	Folha de amora	2

(fonte: KUHN, 2014)

Não foram encontrados dados de atividades de pesca e caça e acredita-se que, caso exista, não sejam valores significativos devido as seguintes observações: a) a principal fonte hídrica do município de Feliz é o rio Caí, que possui altos índices de contaminação (SAMUEL, 2012) e; b) há restrições legais à caça de animais silvestres (KUHN, 2014).

Para os demais produtos, apesar de causarem impacto na natureza, foi considerado que não possuem valores consideráveis de emissões de gases de efeito estufa, em suas atividades de exploração e produção.

## 5.5 SANEAMENTO

A categoria de saneamento foi dividida nas seguintes subcategorias: (i) água; (ii) esgoto; (iii) lixo seco e; (iv) lixo orgânico.

Foi identificado que as possíveis emissões provenientes no abastecimento de água resultariam da geração de energia no bombeamento, tratamento, distribuição da água e administração, e

essas já estariam contabilizados no item 5.2. Portanto, não serão exploradas as emissões dessa subcategoria.

Com relação ao tratamento de esgoto, de acordo com a Prefeitura Municipal de Feliz (2012), atualmente o sistema adotado é o de tratamento simplificado, com instalações do tipo fossa-sumidouro e/ou fosso-filtro, com lançamento à rede de esgoto pluvial. Entretanto, ainda não há controle nas residências que comprove a existência desse sistema, acarretando em recorrentes problemas envolvendo odores e de contaminação de corpos hídricos, principalmente do rio Caí, maior corpo hídrico da região. Tendo em vista que não há registros do volume de efluentes descartados no município, foi feita uma estimativa com base na população, aplicando um fator no valor de 113,23 kgCO<sub>2</sub>eq, por habitante atendido com tratamento de esgoto, conforme SANEPAR (2017), no seu Inventário de Gases de Efeito Estufa. Tendo sido considerado que o município possui 100% da população atendida com tratamento de esgoto, o valor encontrado em emissões de CO<sub>2</sub>eq foi de **1399,41** toneladas.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Feliz, a coleta de lixo é realizada por uma empresa terceirizada. O lixo é segregado em orgânico e seletivo. O primeiro é recolhido três vezes por semana, na zona urbana, e depois é encaminhado a um aterro sanitário; e o segundo é coletado duas vezes por semana, na zona urbana, e uma vez por semana, na zona rural e, segundo Coelho-de-Souza (2009), sua destinação é uma indústria de triagem na cidade de Tupandi/RS. A quantidade de lixo produzida pela população residente na Feliz é apresentada pelo IBGE (2000) e por Coelho-de-Souza (2009), mas, como os dados referidos diferem entre si, foram priorizados os dados obtidos por Coelho-de-Souza, por serem mais recentes e precisos. Feliz produziu 1.252 toneladas de lixo orgânico, e 813 toneladas de lixo seco, coletadas no ano de 2007.

Para o cálculo de estimativa das emissões, foi usado um fator de 2708 kgCO<sub>2</sub>eq, por tonelada de resíduo orgânico, no período de um ano (LEE; HAN; WANG, 2017). O resultado encontrado foi de **3.390,416 tCO<sub>2</sub>eq**.

Para o lixo seco, compreende-se que, devido ao seu destino final ser uma indústria de triagem, não há impactos ambientais relacionados às emissões de gases de efeito estufa. Entende-se que a sua reciclagem permite um metabolismo circular, portanto, não será contabilizado seu impacto ambiental.

## 5.6 ÁREA VERDE

Nesta categoria não foram contabilizadas as emissões de carbono e, sim, o potencial da arborização de Feliz em absorvê-las, de forma que pudesse ser verificada a sua importância e a sua contribuição para o metabolismo circular de carbono. A espécie presente na região de Feliz, em maior número, é a Acácia Negra, muito utilizada no comércio de silvicultura, conforme apresentado anteriormente, no item 5.4.2. Na Tabela 15 pode ser verificada a arborização típica do município.

Tabela 15 – Arborização típica existente na Feliz

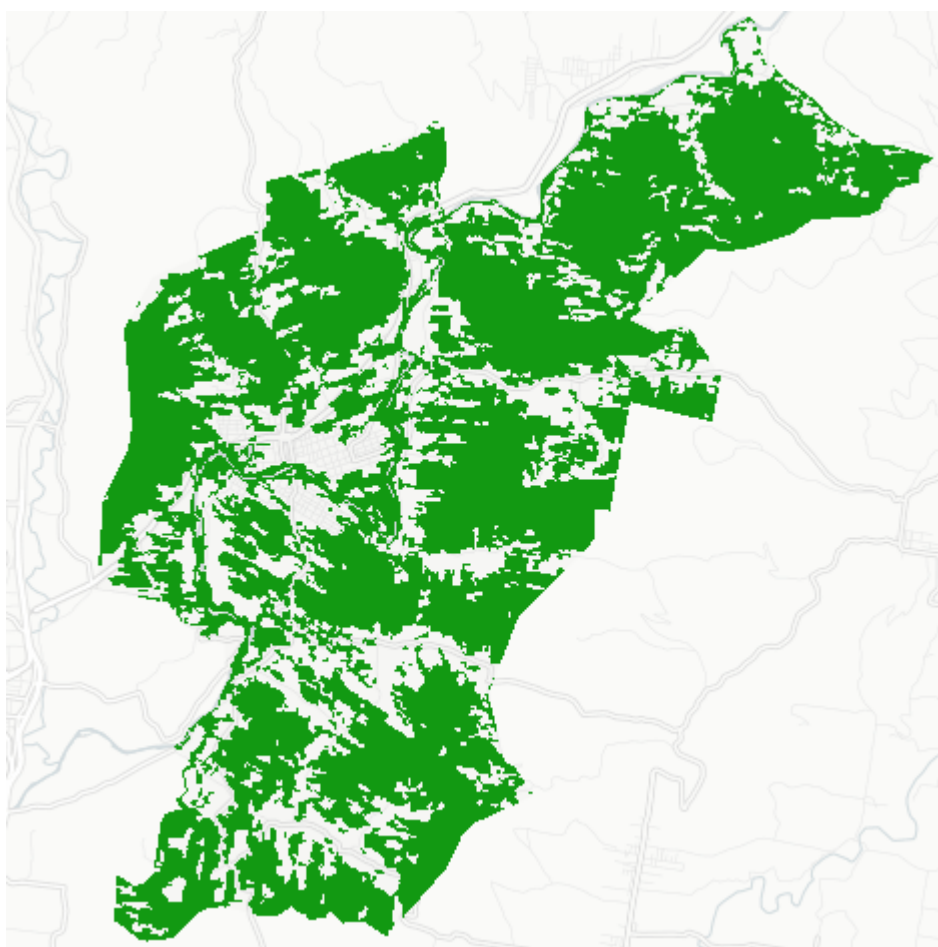
<b>Espécie</b>	<b>Número de árvores existentes (Unidades)</b>
Acácia Negra	744543
Eucalipto	85735
Pinheiro Brasileiro (Araucária)	51
Pinus Americano	1200

(fonte: IBGE, 1995)

Contudo, devido à fonte ter sido publicada há bastante tempo e, por consequência, haver uma grande probabilidade de a vegetação do município já estar diferente, a Tabela 15 foi utilizada apenas para classificar a vegetação característica do município e identificar seu potencial de absorção de carbono. Para determinar de forma mais precisa a quantidade de vegetação existente, utilizou-se o levantamento feito pelo Projeto MapBiomass (2019), apresentado na Figura 7. A cobertura vegetal existente na Feliz, no ano de 2017, foi de 6.611,75 hectares.



Figura 7 – Cobertura vegetal de Feliz no ano de 2017



(fonte: PROJETO MAPBIOMAS, 2019)

A espécie com maior capacidade de absorção de carbono na região é o Eucalipto, seguido do Pinheiro Brasileiro. Na Tabela 16 é apresentada a capacidade de absorção de carbono de cada espécie de árvore existente no município.

Tabela 16 – Sequestro médio de carbono por espécie de vegetal existente na região de Feliz

<b>Espécie</b>	<b>Sequestro [tC/ha/ano]</b>
Acácia Negra	8,59
Eucalipto	13,64
Pinheiro Brasileiro (Araucária)	18,59
Pinus Americano	7,00

(fonte: GATTO et al., 2011; SANQUETTA et al., 2014; SBS, 2006; WATZLAWICK, 2003)

Na Tabela 17 são apresentados os dados referentes à capacidade de absorção da arborização existente na cidade de Feliz.

Tabela 17 – Sequestro total de carbono por espécie de vegetal existente na Feliz

<b>Espécie</b>	<b>Sequestro [tC/ano]</b>
Acácia Negra	50.853,632
Eucalipto	9.298,471
Pinheiro Brasileiro (Araucária)	7,539
Pinus Americano	66,791

(fonte: elaborado pelo autor)

## 5.7 RESULTADOS

Primeiramente, é importante ressaltar que, todas as emissões contabilizadas para Feliz, não foram emissões reais e sim estimativas das emissões provenientes das atividades existentes no município.

Segundo o SEEG (2017), o Brasil é, atualmente, um dos principais emissores de gases de efeito estufa do mundo, ocupando o terceiro lugar, quando se trata das emissões pelo setor da agropecuária. E, Feliz, de modo não distinto do país ao qual pertence, apresentou a Agropecuária como principal categoria de emissões, representando 51,8% do total de emissões. A atividade de maior emissão de gases de efeito estufa foi a Pecuária, seguida pelo consumo de combustíveis, ambos representando, respectivamente, 50,6 e 33,3% do total de emissões do município. A Tabela 18, a seguir, reúne os resultados de todas as categorias e subcategorias estudadas.

Tabela 18 – Estimativa do estoque de carbono no município de Feliz

<b>Categoria</b>	<b>Tipo de atividade</b>		<b>Varição do estoque de C [tCO<sub>2</sub>eq/ano]</b>
Setor primário	Agricultura	Preparo Convencional do solo	701,190
		Consumo de fertilizantes	142,327
		Consumo de defensivos agrícolas	14,496
	Pecuária	Carcaça de animais	37.572,792
Energia	Geração de eletricidade		6.107,667
Transporte	Consumo de combustível		24.724,240
Extração doméstica	Extração mineral		151,136
	Extração de biomassa		-
Saneamento	Abastecimento de água		-
	Esgoto		1.399,410
	Lixo seco		-
	Lixo orgânico		3.390,416
Vegetação	Sequestro potencial pela arborização		-60.226,432

(fonte: elaborado pelo autor)

Somando o resultado de todas as categorias emissivas – setor primário, energia, transporte, extração doméstica e saneamento – chega-se a um total de 74.203,674 tCO<sub>2</sub>eq/ano, o equivalente a 6,00 tCO<sub>2</sub>eq/ano, por habitante do município.

Na categoria de Área Verde, foi identificado que o município tem um potencial de sequestro de carbono alto, capaz de quase atingir a sua estimativa de emissão. Apesar de sua ampla vegetação não ser capaz de absorver completamente suas emissões, compreende-se que a diferença entre os dois valores é bem pequena e, portanto, o município de Feliz possui um equilíbrio metabólico entre as emissões de carbono produzidas dentro do seu território e as emissões absorvidas pela sua vegetação.

## 6. EMISSÕES DE CIDADES SIGNATÁRIAS DO GCoM

Neste capítulo foi feito um levantamento das cidades signatárias que já divulgaram seu inventário de emissões. Até o momento da pesquisa, foram identificadas 9210 cidades registradas, sendo que apenas 227 cidades divulgaram seu inventário de emissões. Dentre essas 227 cidades, procurou-se identificar os municípios com porte semelhante ao de Feliz, isto é, com a mesma faixa de população, segundo dados do IBGE (2010). A partir desses critérios, foram encontradas 17 cidades. Na Tabela 19 é possível verificar as 17 cidades identificadas como semelhantes à Feliz, bem como suas respectivas emissões, na Tabela 20.

Tabela 19 – Cidades signatárias do GCoM, com porte semelhante ao do município de Feliz

<b>País</b>	<b>Cidade</b>	<b>População</b>	<b>Data de comprometimento</b>	<b>Prefeito</b>
Argentina	Cosquín	19458	9/22/2016	Gabriel Musso
Argentina	General Viamonte	18078	12/22/2016	Franco Ariel Flexas
Argentina	Rivadavia	17143	9/29/2016	Javier Ulises Reynoso
Argentina	Carcarañá	16432	9/12/2016	Verónica Schuager
Argentina	Juana Koslay	12467	9/29/2016	Alberto Andres Vallone
Argentina	Guaminí	11826	10/12/2016	Néstor Fábian Álvarez
Argentina	Carlos Tejedor	11570	9/29/2016	Raúl Alejandro Sala
Argentina	Armstrong	11484	9/29/2016	Pablo H. Verdecchia
Argentina	Totoras	10292	9/19/2016	Horacio Carnevali
Argentina	Malabrigo	10049	9/19/2016	Amado Abel Zorzon
Argentina	Rauch	15176	7/11/2018	Maximiliano Suescun
Australia	Adelaide	22690	6/9/2015	Martin Haese
Australia	Perth	19043	9/4/2015	Commissioner Eric Lumsden
Suíça	Nyon	20675	12/4/2015	Daniel Rossellat
Espanha	Tolosa	17642	3/28/2011	Olatz Peon Ormazabal
Espanha	Amurrio	10239	10/11/2012	Josune Miren Irabien
EUA	Piedmont	11236	2/19/2016	Margaret Fujioka

(fonte: GLOBAL COVENANT OF MAYORS FOR CLIMATE &amp; ENERGY, 2019)

Tabela 20 – Emissões das cidades signatárias do GCoM, com porte semelhante ao do município de Feliz

País	Cidade	Emissões (tCO <sub>2</sub> eq/ano)					
		Total	Edificações	Transporte	Lixo	Indústria	Outras
Argentina	Cosquín	40689	26099	673	13917	0	0
Argentina	General Viamonte	55213	30038	19614	5561	0	0
Argentina	Rivadavia	76313	37828	34462	4023	0	0
Argentina	Carcarañá	97626	30144	59998	7484	0	0
Argentina	Juana Koslay	62952	30241	23096	9615	0	0
Argentina	Guaminí	44353	15350	24757	4245	0	0
Argentina	Carlos Tejedor	40387	18806	20617	964	0	0
Argentina	Armstrong	39083	22284	10758	6041	0	0
Argentina	Totoras	51116	20901	26316	3899	0	0
Argentina	Malabrigo	18989	6167	9833	2989	0	0
Argentina	Rauch	54279	23532	26084	4664	0	0
Australia	Adelaide	980675	555252	377873	47550	0	0
Australia	Perth	653337	540792	96918	15627	0	0
Suíça	Nyon	103807	69041	24201	10565	0	0
Espanha	Tolosa	82167	28510	48782	1504	0	3372
Espanha	Amurrio	188072	90822	45746	4286	33853	13366
EUA	Piedmont	39752	19432	19143	1177	0	0

(fonte: GLOBAL COVENANT OF MAYORS FOR CLIMATE & ENERGY, 2019)

As cidades pertencentes à Argentina, que possuem um clima e uma economia mais semelhantes às demais cidades apresentadas na Tabela 16, divulgaram em seu inventário um valor de emissões, em média, menor que o valor contabilizado para Feliz. Entretanto, é importante destacar que nos inventários divulgados pelas cidades não foram contabilizadas as emissões provenientes do setor primário, uma importante categoria, frequentemente encontrada como uma das atividades de maiores emissões entre os países. Por outro lado, para Feliz, não foram contabilizadas as emissões diretas provenientes das edificações, apenas as emissões indiretas e, isso se deve à dificuldade em encontrar dados que registrassem as atividades relacionadas a essa categoria.

Mesmo que haja discrepância entre as categorias levantadas para a contabilização das emissões e, mesmo que Feliz tenha uma vegetação vasta, com potencial de absorver boa parte das suas emissões, acredita-se que o município tem potencial de diminuir suas emissões, de forma que fique próximo aos valores apresentados pelas cidades comprometidas.

## 7. MEDIDAS MITIGADORAS PARA FELIZ

Apesar de Feliz já praticar várias iniciativas sustentáveis, como a separação entre o lixo seco e orgânico, e o envio do primeiro a uma indústria de triagem e, como o projeto Arborização Mais Segura, que consiste no plantio de cinco novas mudas na zona urbana, para cada árvore nativa suprimida, este capítulo procurou abordar outras sugestões de medidas mitigadoras para que haja diminuição nas emissões do município de Feliz.

A categoria **Setor Primário** é a que mais requer mudanças e a que merece mais atenção, dentre todas as categorias. Para as atividades envolvendo a **agricultura**, acredita-se que incentivar a economia local e os pequenos agricultores por parte do Município, irá diminuir as emissões intrínsecas ao transporte de alimentos. Ainda para o setor de agricultura, ampliar o uso do Sistema de Plantio Direto na preparação do solo, incentivar o uso da fixação biológica de nitrogênio (FBN), reduzir o uso de fertilizantes e agrotóxicos, ou trocá-los por produtos menos nocivos ao ambiente, serão medidas de grande efetividade. Para o setor de **pecuária**, acredita-se que além do estímulo aos produtores locais, uma medida bastante efetiva seria o manejo dos dejetos de animais e o reaproveitamento deles para a produção de

biocombustíveis. Incentivar a população a diminuir o consumo de produtos de origem animal também pode ser uma medida adequada.

Para o setor de produção de **Energia**, ampliar o uso de biocombustíveis e estabelecer uma política de incentivo à eficiência energética nas edificações, são duas medidas coerentes e de grande efetividade para o município, de forma que seja aproveitada a sua situação de desenvolvimento urbano e controle por parte do Plano Diretor.

O incentivo ao consumo de produtos produzidos localmente, como medida a ser tomada para as categorias anteriores, traria como consequência a diminuição do uso de combustíveis fósseis; entretanto, outras medidas mitigadoras também poderiam ser previstas para a categoria **Transporte**. Entre elas: revisar as prioridades de transporte, de tal forma que favoreça o acesso de bicicleta e a pé dentro da cidade e, ao mesmo tempo, promover projetos de conscientização pública, a fim de estimular a mudança de hábitos dentre os habitantes. Também, encorajar o uso do álcool hidratado, como combustível principal; ainda que ele seja um combustível que gera emissões, causa um impacto consideravelmente menor ao meio circundante, de forma que, ao estimular seu uso, os efeitos nocivos diminuiriam.

Apesar de a **Extração Doméstica** não ser o setor com maiores índices de emissões do município, é um setor que causa impacto significativo ao meio ambiente, como por exemplo, a supressão de vegetação e a exposição do solo aos processos erosivos. De acordo com Vasconcelos et al. (2009), algumas medidas capazes de amenizarem o impacto gerado pela extração mineral é o controle e regulação periódica dos equipamentos utilizados; controle da carga máxima permitida; cobrimento das carrocerias, procurando-se evitar a exposição do minério ou a liberação de materiais particulados, e o controle da exposição dos solos escavados por longos períodos de tempo.

Dentro da categoria **Saneamento**, é destacado, como primeira ação, o controle do sistema de tratamento de esgoto nas edificações, visto que Feliz ainda não possui tal controle, deixando a critério dos habitantes envolvidos a sua destinação. Outra ação seria o aproveitamento do lodo de esgoto para a produção de biocombustível.



## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas considerações finais da presente pesquisa, é apresentada uma análise geral dos resultados obtidos e das atividades desenvolvidas.

As primeiras questões a serem abordadas dizem respeito ao **objetivo principal**, o qual tinha como foco avaliar se há a necessidade de reduzir as emissões de carbono, bem como a necessidade de firmar o pacto. Os **objetivos secundários** não se caracterizam como etapas para o alcance do objetivo geral desta pesquisa. Por intermédio do **objetivo (a)**, buscou-se propor medidas associadas ao planejamento urbano e ao comprometimento da população, de forma que a sociedade global fosse beneficiada. Os **objetivos (b) e (c)** terão o seu alcance após a divulgação dessa pesquisa e tratam, respectivamente, de contribuir para que as cidades, principalmente as de pequeno porte, assumam um comportamento mais sustentável frente às atividades desenvolvidas e, conscientizar a sociedade da necessidade de uma mudança de hábitos em prol do bem do ambiente no qual vivemos.

Com base no objetivo geral, conclui-se que há a necessidade de Feliz assumir um comprometimento com as suas emissões, bem como a necessidade de firmar o pacto do GCoM. Apesar de Feliz se mostrar engajada em promover ações sustentáveis, ainda há muitos fatores que precisam ser revisados dentro do seu metabolismo. Por fim, acredita-se que, não somente Feliz, mas também, todas as cidades devem se comprometer em promover ações de conscientização que induzam um comportamento mais sustentável dos habitantes, e que assim será possível atingir a meta do GCoM, de redução de 1,3 bilhão de toneladas de emissões de  $CO_2$  por ano, até 2030.

## REFERÊNCIAS

- AZAMBUJA, José Alberto. **Sustentabilidade na Construção: Em Busca de Novo Paradigma**. Porto Alegre: Uniritter, 2014.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro, 1987.
- C40CITIES. **Ending Climate Change Begins in the City**. 2012. Disponível em: <<https://www.c40.org/ending-climate-change-begins-in-the-city>>. Acesso em 9 de junho de 2019.
- CARBON TRUST. **Carbon Trust**. Janeiro de 2018. Disponível em: <<https://www.carbontrust.com>>. Acesso em 22 de Julho de 2018.
- CARVALHO, Carlos H. R. de. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômia Aplicada, 2011.
- COELHO-DE-SOUZA, Carolina Hermann. **Proposta de Método para Avaliação da Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
- COMITÊ DIRETOR REGIONAL DA AMÉRICA LATINA E CARIBE. **Estrutura de Governança para o Capítulo Regional do Pacto Global de Prefeitos**. Global Covenant of Mayors for Climate and Energy, 2017.
- COSTA JUNIOR, C. et al. **Assessing soil carbon storage rates under no-tillage: Comparing the synchronic and diachronic approaches**. Soil and Tillage Research, 134, 207-212, 2013.
- CPFL. **Relatório Anual 2018**. Campinas: CPFL Energia, 2018.
- EARTH POLICY INSTITUTE. **Eco-Economy Indicator**. Dezembro de 2013. Disponível em: <[http://www.earth-policy.org/data\\_center/xls](http://www.earth-policy.org/data_center/xls)>. Acesso em 25 de novembro de 2018.
- EMBRAPA. **Estudo revela que 30% dos solos do mundo estão degradados**. Julho de 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14343883/estudo-revela-que-30-dos-solos-do-mundo-estao-degradados>>.
- FAO. **Livestock a major threat to environment**. Rome: 2006. Disponível em: <<http://www.fao.org/newsroom/en/news/2006/1000448/index.html>>. Acesso em 8 de maio de 2019.
- FAO. **Tackling Climate Change Through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.
- FELIZ. Lei Ordinária nº 2514, de 10 de fevereiro de 2011. **Política do Meio Ambiente do Município de Feliz**.

FELIZ. Lei Ordinária nº 3052, de 29 de junho de 2015. **Plano Diretor Participativo do Município de Feliz.**

FELIZ. Lei Ordinária nº 3443, de 17 de agosto de 2018. **Código de Obras do Município de Feliz.**

FELIZ, Prefeitura Municipal de Feliz. **Economia.** Feliz: Prefeitura Municipal de Feliz, 2016. Disponível em: <<http://www.feliz.rs.gov.br/web/economia>>. Acesso em 08 de Dezembro de 2018.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA - FEE. **FEE Dados.** Disponível em: <<http://feedados.spgg.rs.gov.br/feedados/#!/home/listarvariaveis>>. Acesso em 13 de maio de 2019.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. **Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios.** Eng Sanit Ambient, 15, 2010: 217-222.

GARCIA, Juan C. C.; SPERLING, Eduardo V. **Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas Gerais.** Philadelphia: New Society Publishers, 1996.

GATTO, Alcides et al. **Estoque de Carbono na Biomassa de Plantações de Eucalipto na Região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais.** Revista Árvore: 2011, 895-905.

GOODLAND, Robert; ANHANG, Jeff. **Livestock and Climate Change: What if the key actors in climate change are cows, pigs, and chickens?** Washington: Worldwatch Institute, 2009.

IBRAM. **Inventário de Gases Efeito Estufa do Setor Mineral, 2.** Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo: Sinopse.** 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/feliz/pesquisa/23/27652?detalhes=true>>. Acesso em 25 de março de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho, segundo o Brasil, as Grandes Regiões e as Unidades da Federação.** 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>>. Acesso em 7 de maio de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária.** Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Número de árvores existentes por espécies da silvicultura e grupos de área total.** 1995. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/542>>. Acesso em 31 de maio de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Quantidade diária de lixo coletado, por unidade de destinação final do lixo coletado.** 2000. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2332>>. Acesso em 28 de maio de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Regiões de Influência das Cidades.** Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - IISD. **The International Institute for Sustainable Development.** 2012. Disponível em: <[https://www.iisd.org/pdf/2012/sd\\_timeline\\_2012.pdf](https://www.iisd.org/pdf/2012/sd_timeline_2012.pdf)>. Acesso em Maio de 2018.

KIM, Chigon. **Place promotion and symbolic characterization of New Songdo City, South Korea.** Elsevier, 2010: 13-19.

KUHN, Eugenia A. **Metabolismo de um Município Brasileiro de Pequeno Porte: O Caso de Feliz, RS.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

LEE, Uisung; HAN, Jeongwoo; WANG, Michael. **Evaluation od landfill gas emissions from municipal solid waste landfills for the life-cycle analysis of waste-to-energy pathways.** Elsevier, 2017: 335-342.

LINDSEY, Rebecca. **Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide.** 17 de Outubro de 2017. Disponível em: <<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>>. Acesso em 06 de Maio de 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES - MCTIC. **Fator médio - Inventários corporativos.** 2019. Disponível em: <[https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_corporativos.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html)>. Acesso em 18 de maio de 2019.

MOEHLECKE, Juliana. **Uma Contribuição para o Desenvolvimento de Assentamentos Humanos Mais Sustentáveis: Identificação de Padrões Urbanos Relacionados aos Princípios de Sustentabilidade.** Porto Alegre: UFRGS, 2010.

MUTIZWA-MANGIZA, Naison D. et al. **Cities and Climate Change - Global Report On Human Settlements.** Londres: Earthscan, 2011.

NOAA. **Assessing the U. S. Climate in 2018.** 6 de Fevereiro 2019. Disponível em: <<https://www.ncei.noaa.gov/news/national-climate-201812>>. Acesso em 27 de Março de 2019.

OLIVEIRA, Marcus V. M. de et al. **Rendimento de Carcaça, Mensurações e Peso de Cortes Comerciais de Cordeiro Santa Inês e Bergamácia Alimentados com Dejetos de Suínos em Confinamento.** Revista Brasileira de Zootecnia, 31, 2002: 1451-1458.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. **Política de Saneamento Básico Local e o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do Município de Feliz - RS.** Feliz: Prefeitura Municipal de Feliz, 2012.

PREMALATHA, Manicam et al. **The promise and the performance of the world's first two zero carbon eco-cities.** Elsevier, 2013: 660-669.

PROJETO MAPBIOMAS. **Collection V3.1 of Brazilian Land Cover and Use Map Series**. 2019. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/map#coverage>>. Acesso em 2 de junho de 2019.

REDCLIFT, Michael. **Sustainable Development: Needs, Values, Rights**. Environmental Values, 1993.

RODRIGUES, Victor C. et al. **Rendimentos do Abate e Carcaça de Bovinos e Bubalinos Castrados e Inteiros**. Revista Brasileira de Zootecnia, 32, 2003: 663-671.

ROSELAND, Mark. **Cities**. Elsevier, 1997: 197-202.

SAMUEL, Paulo R. da S. **Alternativas sustentáveis de tratamento de esgotos sanitários urbanos, através de sistemas descentralizados, para municípios de pequeno porte**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

SANEPAR. **Inventário de Gases de Efeito Estufa**. 2017. Disponível em: <<https://site.sanepar.com.br/sustentabilidade/inventario-de-gases-de-efeito-estufa>>. Acesso em 27 de maio de 2019.

SANQUETTA, Carlos R. et al. **Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul**. Scientia Forestalis: 2014, 361-370.

SEBRAE. **Perfil das Cidades Gaúchas: Feliz**. Porto Alegre, SEBRAE/RS: 2019.

SEEG. **SEEG Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://plataforma.seeg.eco.br/territories/rio-grande-do-sul/card?year=2016>>. Acesso em 14 de Outubro de 2018.

SEEG. **Emissões do setor de agropecuária**. 2017. Disponível em: <[http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2017/08/Relatorios-Seeg-2017-Agro\\_final.pdf](http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2017/08/Relatorios-Seeg-2017-Agro_final.pdf)>. Acesso em 30 de maio de 2019.

SEEG. **Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos**. 2018. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/05/Relato%CC%81rios-SEEG-2018-Energia-Final-v1.pdf>>. Acesso em 18 de maio de 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **Fatos e Números do Brasil Florestal**. 2006. Disponível em: <<https://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>>. Acesso em 2 de junho de 2019.

TACHIZAWA, Elio Takeshy; MENDES FILHO, Gilsásio Alvares. **Como fazer monografia na prática**. Fundação Getúlio Vargas, 1999.

VASCONCELOS, Robelsa de F. et al. **Proposta de medidas mitigatórias em áreas de mineração em município do estado do Paraíba**. Salvador: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19, 2009.

WACKERNAGEL, Mathis; WILLIAM, Rees. **Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth**. Philadelphia: New Society Publishers, 1996.

WACKERMANN, Gabriel. **Le développement durable**. Paris: Ellipses, 2008.

WATZLAWICK, Luciano F. et al. **Quantificação de Biomassa Total e Carbono Orgânico em Povoamentos de Araucaria Angustifolia (Bert.) O. Kuntze no Sul do Estado do Paraná, Brasil.** Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais: 2003, 63-68.

ZANELA, Priscila M. et al. **Relação das emissões de gás carbono e a agricultura.** In: JORNADA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO E POLÍTICAS PÚBLICAS, 1. 2016, V Seminário de Ciências Sociais Aplicadas. Santa Catarina: UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/seminariocsa/article/view/2755/2551>>. Acesso em: 2 maio 2019.