

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ALINE MICHELY CUTISQUE**

**CORRELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NOS  
MUNICÍPIOS DE FRANCISCO BELTRÃO E PATO BRANCO, PARANÁ**

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2022**

**ALINE MICHELY CUTISQUE**

**CORRELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NOS  
MUNICÍPIOS DE FRANCISCO BELTRÃO E PATO BRANCO, PARANÁ**

**CORRELATION BETWEEN PRECIPITATION AND AGRICULTURAL  
PRODUCTIVITY IN THE IN THE MUNICIPALITIES OF FRANCISCO BELTRÃO  
AND PATO BRANCO, PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador(a): Fernando César Manosso.  
Coorientador(a): Hernan Vielmo.

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ALINE MICHELY CUTISQUE**

**CORRELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NOS  
MUNICÍPIOS DE FRANCISCO BELTRÃO E PATO BRANCO, PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 02/dezembro/2022

---

Fernando César Manosso  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Denise Andréia Szymczak  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Wagner de Aguiar  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2022**

Dedico este trabalho àqueles que jamais deixaram de me apoiar e estar ao meu lado, buscando sempre oferecer o melhor para mim. Mãe e pai, vocês são incríveis, obrigada por todo o suporte e incentivo desde o começo dessa aventura, mesmo que a caminhada até aqui tenha sido árdua, vocês sempre colocaram minha felicidade e meus sonhos em primeiro lugar. Hualen e Letícia, vocês também fazem parte disso mais até do que imaginam! À minha namorada Isabella, agradeço-lhe por sempre ter me dado coragem e auxílio em todas as horas, pois sem você e seu amor as coisas teriam sido mais difíceis. Dedico também aos meus amigos que fizeram dessa caminhada mais alegre e leve, compartilhando momentos bons e ruins. Por fim, agradeço a todos que cruzaram meu caminho nessa etapa e contribuíram de alguma forma para que esse momento chegasse.

## RESUMO

A agricultura é de grande valia para a sociedade principalmente pela produção de alimentos, seu impacto na economia e no desenvolvimento de técnicas que auxiliam na preservação de recursos naturais, entretanto, é muito suscetível a variabilidade do clima, o que pode impactar positiva ou negativamente na produção de grãos. Portanto, o presente trabalho buscou analisar como a precipitação influenciou na produtividade das culturas de milho, soja e trigo nos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco, nos anos de 2012 a 2020. Os dados climatológicos foram fornecidos pelo SIMEPAR e IDR, e os de produção agrícola junto ao DERAL, por meio da análise de eventos climáticos extremos como meses secos e chuvosos, verificou-se a interferência na produção média dos grãos estudados, relacionado com o excesso ou falta de precipitação, mesmo antes do início do plantio indicado pelo calendário agrícola das culturas. Para todos os grãos estudados, houve safras abaixo e acima da produtividade média para a série histórica analisada, e em alguns casos, esse fator aconteceu nos dois municípios. A partir dos anos de 2014 e 2017, em Francisco Beltrão e Pato Branco, os eventos extremos de precipitação se tornaram mais comuns. Mesmo com o calendário agrícola adequado para o clima da região sudoeste paranaense, recomenda-se aos agricultores que sempre estejam atentos as recomendações dos órgãos competentes para qualquer alteração na data de plantio e colheita, a fim de evitar a perda de sementes por deficiência hídrica ou por erosão do solo.

Palavras-chave: agricultura; clima; médias históricas.

## ABSTRACT

Agriculture is of great value to society mainly for food production, its impact on the economy and on the development of techniques that help preserve natural resources, however, it is very susceptible to climate vulnerability, which can positively or negatively impact grain production. Therefore, the present work sought to analyze how precipitation influenced the productivity of corn, soybean and wheat crops in the municipalities of Francisco Beltrão and Pato Branco, from 2012 to 2020. Climatological data were provided by SIMEPAR and IDR, and those of agricultural production with DERAL, through the analysis of extreme weather events such as dry and rainy months, there was interference in the average production of the grains studied, related to excess or lack of precipitation, even before the start of planting indicated by the agricultural calendar of crops. For all grains studied, there were harvests below and above the average productivity for the historical series analyzed, and in some cases, this factor happened in both municipalities. From the year 2014 to 2017, in Francisco Beltrão and Pato Branco, extreme precipitation events have become more common. Even with the appropriate agricultural calendar for the climate of the southwest region of Paraná, farmers are recommended to always be aware of the recommendations of the competent bodies for any change in the date of planting and harvesting, in order to avoid the loss of seeds due to water deficiency or soil erosion.

Keywords: agriculture; climate; historical averages.

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 - Estabelecimentos agropecuários e áreas de acordo com as atividades econômicas para o município de Francisco Beltrão - PR .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 2 - Estabelecimentos agropecuários e áreas de acordo com as atividades econômicas para o município de Pato Branco - PR .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 8 - Classificação dos anos em Francisco Beltrão de acordo com o volume precipitado .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 9 - Classificação dos anos em Pato Branco de acordo com o volume precipitado .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 3 - Área e produção de Francisco Beltrão (FB) e Pato Branco (PB) para a cultura do milho .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 4 - Área e produção de Francisco Beltrão (FB) e Pato Branco (PB) para a cultura da soja .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 5 - Área e produção de Francisco Beltrão (FB) e Pato Branco (PB) para a cultura do trigo .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 6 - Produtividade agrícola no município de Francisco Beltrão.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 7 - Produtividade agrícola no município de Pato Branco.....</b>	<b>37</b>

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1 - Calendário agrícola para as culturas de soja, milho e trigo, no estado do Paraná .....</b>	<b>35</b>
--	-----------



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Localização de Pato Branco e Francisco Beltrão, no estado do Paraná .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2 - Climograma do município de Francisco Beltrão .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 3 - Climograma do município de Pato Branco .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4 - Média histórica de precipitação para o município de Pato Branco 2012 a 2021 .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 5 - Média histórica da temperatura para o município de Pato Branco 2012 a 2021 .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 6 - Produção agrícola de trigo para Francisco Beltrão e Pato Branco referente a safra 19/20 .....</b>	<b>33</b>
<b>Gráfico 1 - Produtividade da cultura do milho para os municípios estudados, de 2012 a 2020 .....</b>	<b>38</b>
<b>Gráfico 2 - Produtividade da cultura da soja para os municípios estudados, de 2012 a 2020 .....</b>	<b>38</b>
<b>Gráfico 3 - Produtividade da cultura do trigo para os municípios estudados, de 2012 a 2020 .....</b>	<b>39</b>
<b>Gráfico 4 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2013.....</b>	<b>40</b>
<b>Gráfico 5 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2014.....</b>	<b>41</b>
<b>Gráfico 6 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2015.....</b>	<b>41</b>
<b>Gráfico 7 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2017.....</b>	<b>42</b>
<b>Gráfico 8 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2018.....</b>	<b>42</b>
<b>Gráfico 9 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2017.....</b>	<b>43</b>
<b>Gráfico 10 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2018.....</b>	<b>43</b>
<b>Gráfico 11 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2019.....</b>	<b>44</b>
<b>Gráfico 12 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2020.....</b>	<b>44</b>
<b>Gráfico 13 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2012.....</b>	<b>45</b>
<b>Gráfico 14 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2016.....</b>	<b>46</b>
<b>Gráfico 15 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2013.....</b>	<b>47</b>
<b>Gráfico 16 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2014.....</b>	<b>47</b>
<b>Gráfico 17 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2018.....</b>	<b>48</b>
<b>Gráfico 18 Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2019 .....</b>	<b>48</b>
<b>Gráfico 19 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2020.....</b>	<b>49</b>
<b>Gráfico 20 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2015.....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 21 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2017.....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 22 - Produtividade do milho, soja e trigo para o município de Francisco Beltrão e os volumes precipitados nas safras destaques.....</b>	<b>53</b>
<b>Gráfico 23 - Produtividade do milho, soja e trigo para o município de Pato Branco e os volumes precipitados nas safras destaques.....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PIB	Produto Interno Bruto
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONU	Organização das Nações Unidas
VPB	Valor Bruto da Produção
SIMEPAR	Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DERAL	Departamento de Economia Rural
IDR	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Importância da agricultura .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Agricultura e o meio ambiente .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Erosão .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Fertilizantes e agrotóxicos .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Agricultura paranaense e seu impacto econômico no estado .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Milho .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5</b>	<b>Soja.....</b>	<b>20</b>
<b>3.6</b>	<b>Trigo .....</b>	<b>21</b>
<b>3.7</b>	<b>Balanco hídrico.....</b>	<b>22</b>
<b>3.8</b>	<b>Disponibilidade hídrica e produtividade .....</b>	<b>23</b>
<b>3.9</b>	<b>Água no solo.....</b>	<b>24</b>
<b>3.10</b>	<b>Precipitação x Produtividade .....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Mapa de localização dos municípios .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Clima.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Informações regionais sobre Francisco Beltrão e Pato Branco .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b>Base de dados climatológicos .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Tratamento dos dados climatológicos .....</b>	<b>30</b>
<b>4.5</b>	<b>Base de dados da produção agrícola .....</b>	<b>33</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Tratamento dos dados obtidos junto ao DERAL .....</b>	<b>33</b>
<b>4.6</b>	<b>Correlação dos dados .....</b>	<b>34</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Realização do balanço hídrico .....</b>	<b>34</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Calendário agrícola do Paraná.....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1</b>	<b>Produtividade agrícola.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2</b>	<b>Balancos hídricos de Francisco Beltrão .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Análises do balanço hídrico de Francisco Beltrão para a cultura do milho</b>	<b>40</b>

<b>5.2.2</b>	<b>Análise do balanço hídrico de Francisco Beltrão para a cultura da soja</b>	<b>42</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Análises do balanço hídrico de Francisco Beltrão para a cultura do trigo</b>	<b>45</b>
<b>5.3</b>	<b>Balanços hídricos de Pato Branco .....</b>	<b>46</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Análise do balanço hídrico de Pato Branco para a cultura de milho</b>	<b>46</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Análise do balanço hídrico de Pato Branco para a cultura da soja</b>	<b>.49</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Análise do balanço hídrico de Pato Branco para a cultura do trigo</b>	<b>50</b>
<b>5.4</b>	<b>SÍNTESE .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional intensificado principalmente nas últimas décadas, sobretudo das classes de maior consumo, fez com que a necessidade por alimentos fosse ampliada e assim surgindo uma demanda por novas áreas agricultáveis, em paralelo a constante busca pela melhoria na eficiência da produtividade.

Para que plantas consigam se desenvolver de forma a atingir seu crescimento máximo, é essencial que se tenha condições ideais como um solo fértil, luz solar, água e temperatura. A carência ou excesso desses fatores podem influenciar a evolução e produtividade da mesma, e em alguns casos leva-la a morte precoce ou até a não germinação (TAIZ et al., 2017).

O Brasil é um dos grandes produtores de alimentos do mundo, motivado principalmente pela disponibilidade de recursos naturais existentes em seu território. Além de gerar comida para sua população, também é um grande exportador desses produtos, contribuindo com a disponibilidade alimentar em outros países e continentes (EMBRAPA, 2018, p. 5).

Possíveis alterações do clima estão se tornando mais evidentes e fenômenos climáticos severos parecem estar mais frequentes e intensos. Conjugados, acabam provocando uma elevação da temperatura do planeta, aumento do nível do mar, modificação no regime de chuvas e o derretimento de geleiras. Esse conjunto de condições podem levar a uma insegurança alimentar para todos os seres vivos, pois possuem potencial para alterar o comportamento de microrganismos fitopatogênicos e torna-los mais severos e recorrentes (EMBRAPA, 2011).

Entender como o clima está se comportando nos últimos anos em uma região pode evitar que sejam perdidas as sementes oriundas da semeadura ou outro processo de cultivo, fazendo com que o agricultor não perca os recursos investidos devido a lixiviação e erosão, por exemplo. Além disso, auxilia na tomada de decisão referente a melhor época para plantio, levando em consideração se as condições ambientais a quais essa cultura será exposta até o momento da colheita serão ideais.

Diante disso, este trabalho visa procurar responder a seguinte questão: como a produção agrícola na região sudoeste paranaense é influenciada pelo comportamento e variabilidade climática, principalmente da precipitação?

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a influência da precipitação na produção de grãos nos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco, região sudoeste do Paraná.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Classificar a variabilidade de precipitação de todos os meses do período;
- Verificar o efeito da precipitação na produtividade das culturas de milho, soja e trigo, nos municípios paranaenses de Francisco Beltrão e Pato Branco;
- Identificar a ocorrência de eventos extremos de precipitação, sua frequência e relacionando-os ou não, com a produção agrícola desses grãos;
- Correlacionar a alta ou baixa produtividade agrícola com a disponibilidade hídrica ao longo dos meses envolvidos em cada ciclo produtivo por meio do balanço hídrico.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Importância da agricultura

O aumento populacional vivenciado nas últimas décadas, aliado aos padrões de consumo fizeram com que a demanda por alimentos também crescesse. Esse fator combinado com o aumento da renda per capita, expansão territorial dos centros urbanos, variabilidade climática e desaceleração da economia, fazem com que o debate sobre a insegurança alimentar esteja mais presente no dia a dia, motivado principalmente pelos níveis de desnutrição estarem cada vez mais frequentes e por terem atingido 928 milhões de pessoas em 2020 (FAO, 2021).

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou os dezessete Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que buscam proteger o planeta e seus cidadãos, oferecendo educação de qualidade, erradicação da pobreza e promovendo uma sociedade mais inclusiva e pacífica, trabalhando em conjunto com os países, empresas e instituições para que essas metas sejam alcançadas. O ODS número 2, “fome zero e agricultura sustentável”, busca acabar com a fome e desnutrição garantindo a segurança alimentar e melhorando a nutrição, além de promover uma agricultura sustentável (UNICEF, 2022).

No Brasil, este objetivo visa dar essas garantias, em especial, para idosos, crianças, pessoas de baixa renda e em situações vulneráveis, garantindo que tenham acesso a alimentos saudáveis e seguros o ano inteiro. Junto a isso, a meta nacional é de aumentar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos agricultores, fazendo com que se tenha sistemas de produção alimentar resistentes a condições meteorológicas extremas (IPEA, 2019).

Em relação aos outros ODS, a agricultura é de fundamental importância para que estes sejam alcançados, devido as grandes áreas utilizadas por esse setor, a movimentação econômica e a geração de empregos, impactando veemente e positivamente no bem estar dos brasileiros, sobretudo no que diz respeito a nutrição, saúde e aumento de renda (EMBRAPA, op. cit., p. 67).

A agricultura é um meio de produção de alimentos que acontece desde a antiguidade, iniciando por volta de dez mil anos atrás, tendo suas primeiras instalações em locais próximos a rios de grandes extensões. Essa atividade foi se desenvolvendo ao longo dos anos, e no século XIX, era predominantemente familiar,

ou seja, as pessoas plantavam aquilo e a quantidade demandada por sua família (GOSSETT, 2020).

Ainda de acordo com o autor citado, foi a partir da Revolução Industrial que começou-se a surgir as sociedades agrárias, motivado pela necessidade de gerar alimento para a população que estava começando cada vez mais a crescer. Com essa preocupação, buscou-se produzir uma maior diversidade de culturas e um maior rendimento das mesmas, principalmente de grãos, por possuírem a maior parte das calorias essenciais aos seres humanos.

### **3.2 Agricultura e o meio ambiente**

Para que seja alcançado uma elevada produtividade e conseqüentemente geração de alimentos, é necessário que algumas propriedades estejam de acordo com a necessidade que as plantas requerem para se desenvolverem. Entre essas condições ideais, pode-se citar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo que podem ser modificadas devido ao uso excessivo de fertilizantes. Como parâmetro de nutrientes no solo estão a disponibilidade e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) que podem resultar da aplicação de adubo orgânico e de fertilizantes químicos. Além destas, pode-se citar outras propriedades químicas como pH, matéria orgânica, teor orgânico total de carbono e nitrogênio e condutividade elétrica. Como propriedade física estão a textura, profundidade, capacidade de retenção de água e densidade. Já a biomassa microbiana, respiração, nitrogênio mineral potencial e razão de carbono orgânico total são as propriedades biológicas do solo. Entretanto, ao utilizarem descontroladamente esses fertilizantes, além de alterar essas condições citadas, também podem provocar eutrofização da água, acidificação e contaminação do solo (TAKIGAWA; NOGUCHI; AHAMED, 2015).

O solo tende a perder suas características e fertilidade quando não ocorre seu manejo sustentável, utilizando por exemplo, da rotação de cultura e preservando a cobertura vegetal, não o deixando exposto a intempéries (FREITAS et al., 2015). A falta dessa cobertura no solo permite que o escoamento superficial aconteça de forma mais grave e facilitada, podendo provocar a queda da qualidade da água e assim aumentar o custo em seu tratamento para deixá-la potável, degradação do habitat de organismos aquáticos, afetar a pesca comercial, além de provocar a morte de animais devido a elevadas concentrações (LICHTENBERG, 2002). Além disso, quando os nutrientes do solo são percolados, eles têm como destino final os corpos hídricos, e a



presença destes nesse ambiente pode levar a passivos ambientais, como exemplo da eutrofização da água devido ao aumento das concentrações de ferro, manganês, zinco, cobre e outros (CAIXETA et al., 2015).

A agricultura utiliza de fertilizantes, pesticidas e herbicidas para melhorar as condições do solo para o desenvolvimento de plantas e também para protege-las de ervas daninhas, porém podem interferir na qualidade de águas subterrâneas e superficiais devido a elevada concentração de metais pesados e substâncias tóxicas, o que pode desencadear diversos problemas sociais, econômicos e ambientais (TUNDISI, 2014).

Visando a preservação dessas propriedades e a integração sustentável entre agricultura e o meio ambiente, surge a agroecologia. Esse modelo propõe formas de realizar os processos produtivos que preservem a biodiversidade e que minimizem os impactos ocasionados ao meio ambiente devido à agricultura convencional (CAPORAL; AZEVEDO, 2009).

### **3.2.1 Erosão**

O solo é um recurso natural considerado como não renovável, devido ao tempo necessário para que haja a sua formação. É considerado degradado quando perde sua capacidade natural de realizar suas funções de filtração da água, nutrição de plantas e de abrigar a biodiversidade. O fenômeno da erosão é um dos principais fatores que provocam essa incapacidade do solo em realizar seus serviços ambientais e que pode ser motivado por fatores hidráulicos, mecânicos e eólicos (BURANELLO, 2018). Além destes, a exploração desordenada que acontece na agricultura devido aos agricultores e cultivadores buscarem a máxima produtividade e não utilizando técnicas de manejo adequado para isso, fazem com que a erosão seja algo bastante visto nesse meio (NETO, 2012).

A perda dos nutrientes do solo devido a erosão é um problema visto globalmente e que pode causar problemas ambientais e econômicos, porém, determinar a quantidade de solo que lixiviou é extremamente difícil, principalmente devido aos valores monetários envolvidos. Por isso, é de fundamental importância analisar áreas tendenciosas a esse fenômeno e assim aplicar a melhor técnica de manejo e uso do solo para aquela região, a fim de evitar que esse problema se torne cada vez mais danoso (REICHARDT; TIMM, op. cit., 2016).

Alguns fatores devem ser levados em consideração para verificar a tendência de um solo e sua respectiva área à erosão, podendo citar a declividade média do terreno, coeficiente de rugosidade e a área da bacia hidrográfica. Quanto menor for essa declividade, menor será a tendência do terreno sofrer erosão, e assim também para uma maior declividade. Ou seja, uma declividade de até 8% apresenta uma ligeira suscetibilidade à erosão, enquanto que em terrenos com mais de 45% a chance desse fenômeno acontecer é dado como muito forte (MACHADO; TORRES, 2012).

### **3.2.2 Fertilizantes e agrotóxicos**

Os fertilizantes são compostos químicos ou orgânicos que visam a melhoria das condições do solo para que as culturas se desenvolvam de maneira adequada. A utilização dos mesmos faz com que a produtividade seja acrescida devido ao fornecimento dos nutrientes necessários, mesmo que esses compostos sejam naturais ou sintéticos. Esse acréscimo é aproximadamente mais da metade do potencial produtivo das culturas, mas que também pode ser influenciado pelo clima e táticas de manejo do solo, porém, o uso descontrolado dessas substâncias pode impactar na qualidade de água e também causar acidificação do solo (BURANELLO, op cit., 2018).

Segundo o autor acima, agrotóxicos são produtos químicos, físicos ou biológicos que quando utilizados na quantidade apropriada, auxiliam no controle de pragas e doenças que prejudicam as plantações, e que também influenciam no aumento da produtividade das culturas. Mesmo com esses benefícios, sua aplicação pode provocar uma resistência a qualquer substância tóxica, por meio da seleção natural, além também de poder provocar a morte de predadores e parasitas naturais dessas pragas. O uso excessivo, assim como o de fertilizantes, também provoca alteração da qualidade da água, sendo a segunda maior causa de contaminação deste recurso no Brasil, ficando atrás apenas do descarte do esgoto doméstico. Mesmo com legislações vigentes para controlar o uso dessas substâncias, pode ser encontrado as embalagens de suas aplicações próximos às margens de rios, lagos, mananciais e de criações de animais, ou sendo as mesmas queimadas, gerando poluição atmosférica devido à alta toxicidade presente nesses compostos.

### 3.3 Agricultura paranaense e seu impacto econômico no estado

A agricultura familiar corresponde a 23% das áreas agricultáveis brasileiras, totalizando 3,9 milhões de propriedades com esse propósito. Essa prática proporciona aumento da renda para as famílias do campo e em 2017, contribuiu com mais de 20% dos alimentos que foram gerados no país (CONAB, 2021a). Essa contribuição pode variar anualmente, porém, as estimativas são de que pequenas fazendas, ou seja, àquelas com áreas menores a dois hectares, produzem em média 35% dos alimentos que abastecem a população mundial (LOWDER; SÁNCHEZ; BERTINI, 2021).

No estado do Paraná, a agricultura familiar totaliza aproximadamente 70% dos empreendimentos agropecuários, produzindo 40% do valor bruto da produção agrícola. Já na área da região sudoeste paranaense essa produção chega a quase 66%, motivado por se ter uma cultura regional envolta da agricultura familiar, e assim ser uma prática bastante comum nessa mesorregião (IPARDES, 2010).

O Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) em 2020 foi superior a 128 bilhões de reais, com a taxa média de crescimento da agricultura nos últimos 10 anos sendo de 3%, totalizando 60 bilhões deste VBP. Com isso, o valor gerado pelas lavouras teve um aumento de 24% para o ano de 2020, devido principalmente a valorização e plantio de grãos, que teve sua produção elevada em 11% na safra de 19/20 com relação à anterior (SEAB, 2021).

O Paraná é a quinta maior economia estadual do Brasil, com uma característica fortemente agroindustrial, motivado pela produção principalmente de grãos como trigo, soja e milho (IPARDES, 2022a).

### 3.4 Milho

O milho (*Zea mays L.*) é uma planta da família Gramineae/Poaceae de produção anual e que pode chegar de um a quatro metros, possuindo forma ereta e normalmente voltada para a produção de grãos. Capaz de armazenar energia eficientemente, é possível de gerar uma planta com mais de dois metros de altura, originando de uma semente que tenha aproximadamente 0,3 gramas, necessitando em média de 600 milímetros para que seu ciclo aconteça de forma eficaz (MAPA, 2002).

É uma planta originária da América Central e que pode ser cultivada quase que em toda a escala global, tanto nos hemisférios norte e sul, quanto em climas

úmidos e regiões secas. Por possuir essa característica de adaptação à diferentes condições ambientais e ter um elevado potencial produtivo e valor nutricional, é consumido e produzido em grande escala, caracterizando-o como um dos mais importantes cereais da atualidade (LOPES; DANTAS; FERREIRA, 2019).

Além de alimentar seres humanos e animais, esse cereal pode produzir mais de 3.500 sub produtos, como combustíveis e bebidas. Devido a essa abrangência, é produzido em todas as regiões do país, sendo consumido não somente mais na agricultura de subsistência, mas como peça fundamental do agronegócio (EMBRAPA, 2019).

É necessário que algumas condições ótimas sejam atingidas para que esse cereal consiga se desenvolver de maneira eficiente, podendo citar a temperatura e principalmente a precipitação, uma vez que é uma cultura que demanda um grande volume de água, consumindo em torno de 600 milímetros de água no decorrer de seu ciclo. Além disso, é fundamental que haja exposição a temperaturas que variam entre 24°C e 30°C, podendo ser cultivada em regiões onde as precipitações variam entre 250 e até 5.000 milímetros anuais (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2010).

Ainda segundo o autor, a falta de água pode impactar a produtividade e crescimento do milho em todas as suas fases, podendo citar principalmente a redução da taxa fotossintética devido ao menor tamanho e massa vegetativa, provocando assim, uma queda de rendimento. A diminuição de tamanho e massa é um dos mecanismos de defesa de plantas contra a seca e junto a ele, pode-se citar também uma sistema radicular mais profundo, aumento da cutícula foliar e de sua cerosidade, resistência a desidratação das células e alteração no ângulo foliar (MAPA, op. cit).

Em relação a produção de grãos, o milho é o segundo mais importante no Brasil, ficando atrás apenas da produção de soja, fazendo com que o país seja o terceiro maior produtor de milho do mundo, estando apenas atrás dos Estados Unidos e da China, mesmo que não se tenha uma das maiores produtividades em relação a área plantada e quantidade colhida (SILVA et al., 2020). Na safra de 2020/2021, o país produziu 85 milhões de toneladas de milho, enquanto a produção de soja atingiu aproximadamente 136 milhões de toneladas (CONAB, 2021b).

O milho é produzido em duas safras, a primeira acontecendo entre a primavera e verão e que visa uma colheita concentrada, enquanto a segunda se caracteriza por ser proveniente de uma sucessão de culturas e que acontece entre o verão e outono (SANCHES; ALVES; BARROS, 2018).

Os estados maiores produtores dessa cultura são, na sequência, Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. Entretanto, esses estados vem sofrendo com os fenômenos climáticos extremos fazendo com que haja reduções drásticas em suas produções, à exemplo do que aconteceu na safra de 2019/2020 no Paraná e no Rio Grande do Sul, onde houve a queda na produção de 10% e 32%, respectivamente, devido à estiagem prolongada (ETENE, 2021a).

Nesta mesma safra, a produção paranaense foi de 15 milhões de toneladas, fazendo com que o Valor Bruto da Produção dessa cultura totalizasse 11 bilhões de reais e gerasse 318 milhões de dólares com a exportação para o Japão, Irã, Vietnã e mais 46 países (SEAB, op. cit., 2021).

### 3.5 Soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma oleaginosa oriunda do continente asiático e adequada ao clima temperado e com altas altitudes, motivado pela quantidade de água, luz e temperatura que esses locais oferecem para seu desenvolvimento (COSTA et al., 2014). É uma cultura que é utilizada para diferentes fins e com variadas formas, como por exemplo, voltada para a alimentação humana, produção de ração e também como uma forma de biocombustíveis, fazendo com que tanto no contexto mundial quanto nacional seja um dos principais produtos agrícolas (CONAB, 2017a).

Por esses diferentes usos, a soja está em quarta posição dos grãos mais produzidos e consumidos mundialmente, atrás do milho, trigo e arroz. Existe alguns fatores que explicam essa produção global, podendo nomear seu teor de óleo que fica em torno de 20% e também a possibilidade de servir como um alimento de alta qualidade, tanto para pessoas quanto animais, por possuir seu teor de proteínas próximos a 40% (EMBRAPA SOJA, 2014).

Os três maiores produtores de soja do Brasil são os estados de Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, op. cit., 2017a). Estima-se que esses estados produzam na safra de 2021/2022, respectivamente, 34,7 milhões de toneladas, 20,6 milhões de toneladas e 19,3 milhões de toneladas de soja. A produção nacional em 2020 foi de 121,6 milhões de toneladas, o que representou um aumento de 7,1% quando comparada com a safra de 2019, números nunca vistos na série histórica, entretanto, é importante ressaltar que o RS sofreu com uma estiagem prolongada que proporcionou elevadas temperaturas e falta de chuva no período do ciclo da soja,

fazendo com que tenha havido um decréscimo próximo a 71% na produção do ano, quando comparado com a produção de 2021 (IBGE, 2020).

A produção paranaense foi de 20 milhões de toneladas na safra de 2019/2020, o que fez com que o Valor Bruto da Produção dessa cultura totalizasse 29 bilhões de reais e gerasse 4 bilhões de dólares com a exportação para 22 países, em especial para a China, destino de 90% do que é produzido no estado (SEAB, op. cit., 2021).

Assim como acontece na cultura de milho, a soja também é influenciada pela temperatura, disponibilidade hídrica e o fotoperíodo. As condições ideais são uma temperatura variável de 20°C e 30°C e volumes de precipitação próximos a 450 milímetros e 800 milímetros envolvendo todo seu ciclo (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

É de fundamental importância saber como o clima de uma região se comporta normalmente, para que então seja definido a melhor época para a semeadura, pensando principalmente na quantidade de sol e água que esses grãos irão receber em todos os estágios de desenvolvimento (AGUILA et al., 2018).

### 3.6 Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um cereal produzido em escala mundial devido a sua capacidade adaptativa a diferentes climas, podendo ser plantado em países de clima desértico como é o caso do Oriente Médio, e em locais que tem altos índices pluviométricos como a China e o Brasil. Em terras brasileiras, é cultivado a partir do bioma do Cerrado até ao extremo sul do país (CONAB, 2017b).

É de grande valia para a agricultura sustentável, pois é uma alternativa para a rotação de culturas, em especial nos sistemas produtivos de grãos, hortaliças e fibras, fazendo com que se tenha o manejo adequado do solo e conseqüente melhora nas características físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para a redução de ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas (EMBRAPA, 2016).

Também segundo o autor, o trigo é uma gramínea oriunda do sudoeste asiático e que pode ser classificado como uma cultura facultativa, de primavera ou inverno, devendo ser levado em consideração para a semeadura se a temperatura e o fotoperíodo necessário para que o trigo se desenvolva de maneira correta serão atingidos durante o período do seu ciclo, que varia entre 100 e 160 dias no Brasil.

Esse cereal é uma cultura de inverno e que é utilizado para diversos tipos de produção de alimentos, como pães artesanais e industriais, massas à exemplo do

macarrão, biscoitos, bolos e inúmeros outros. Para cada tipo de alimento, é necessário que o trigo tenha diferentes parâmetros como a cor, força do glúten, absorção e dureza. No Brasil, o uso dessa farinha tem sua maior aplicação para a produção de pães (ABRITRIGO, 2011).

As condições ideais do solo para essa cultura são de temperatura entre 8°C e 20°C e precipitação de 55 milímetros a 120 milímetros por mês, não sendo resistente a geada e ventos intensos. Para que a cultura seja eficiente ao ser semeada no Cerrado, deve-se primeiramente corrigir a acidez do solo encontrado na região e também realizar a adubação do mesmo (EMBRAPA, 2013).

Os maiores produtores de trigo são a União Europeia, China, Índia, Rússia, EUA, Canadá, Austrália, Paquistão, Cazaquistão, Ucrânia, Turquia e Argentina, onde a produção brasileira não chega a ser 50% da produção da Argentina (EMBRAPA, op. cit., 2013). Pode-se dizer que isso é resultado de acordos firmados entre o país e os Estados Unidos e a Argentina, onde o Brasil troca a produção dessa cultura para exportar eletrodomésticos e carnes (ETENE, 2021b).

A produção paranaense é a maior em âmbito nacional e foi de 3 milhões de toneladas na safra de 2019/2020, o que fez com que o VPB dessa cultura totalizasse 3 bilhões de reais (SEAB, op. cit., 2021).

### **3.7 Balanço hídrico**

O balanço hídrico (BH) de uma cultura envolve todo o processo de infiltração, evapotranspiração, redistribuição e absorção das plantas, ou seja, é o ciclo da água que envolve a cultura, contabilizando as entradas e saídas de água do solo onde essa se encontra. Através dele, é possível analisar quais foram as condições hídricas a qual uma cultura foi e está sendo exposta durante seus estádios fenológicos, sendo assim, de extrema relevância na agricultura (REICHARDT; TIMM, 2016).

Também segundo ao autor, o BH é uma ferramenta importante para determinar a quantidade de água necessária para irrigação das culturas. Em caso de excesso, pode provocar lixiviação de nutrientes e elevação do lençol freático, enquanto que em caso de déficit não haverá irrigação em todo o terreno. Ou seja, o estresse hídrico ocasionado por falta ou excesso de água numa cultura pode provocar a redução na sua produtividade.

O método de Thornthwaite e Mather (1955) foi desenvolvido para calcular o balanço hídrico e visa determinar o regime hídrico de uma região sem que se faça

necessário a obtenção das condições do solo ali encontrados (PEREIRA, 2005). Neste método, normalmente se dá o volume de 100 milímetros para a Capacidade de Água Disponível (CAD) no solo, sendo necessário para o cálculo os dados de coordenadas geográficas, volumes precipitados e temperatura, mensal ou decendial (CAMARGO; CAMARGO, 1993). Após aplicação, é possível analisar a evapotranspiração e armazenamento de água no solo, permitindo a observação de quando houve deficiência, reposição, retirada e excesso hídrico do solo para o período estudado (JESUS, 2015).

### **3.8 Disponibilidade hídrica e produtividade**

A produtividade de uma cultura pode ser afetada de diversas formas, como a disponibilidade de água e nutrientes do solo, grau de adaptação climática e também a exposição à pragas. Além de influenciar nos processos metabólicos e fisiológicos que envolvem o desenvolvimento das plantas, a disponibilidade hídrica impacta na produtividade devido à importância e dependência das culturas perante a esse recurso, que necessitam dele desde as fases de crescimento até amadurecimento, ou seja, caso não haja uma quantidade de água adequada e suficiente, as plantas não irão se desenvolver da melhor forma e atingir o máximo de sua produção. Uma adaptação das plantas quando há falta de água é o fechamento dos estômatos e consequente redução da fotossíntese, o que vai afetar seu crescimento e por sua vez, sua produtividade (REICHARDT; TIMM, op. cit., 2016).

Pode-se dizer que a água é o recurso mais limitante do desenvolvimento de culturas, principalmente por que é aquilo que é mais volumoso na constituição das mesmas. Devido a transpiração celular, a planta perde 97% do volume de água ao qual foi exposta na precipitação ou irrigação e distribui o restante para expansão celular (2%) e processos metabólicos como o da fotossíntese (1%). Portanto, quando há o déficit hídrico, todas as estruturas e fases de desenvolvimento das culturas são afetadas, principalmente por provocar reduções no tamanho foliar e nas atividades celulares e metabólicas, inibição fotossintética, cavitação, desestabilização de membranas e proteínas, e até mesmo a morte celular das mesmas (TAIZ, op. cit., 2017).



### 3.9 Água no solo

O comportamento da água dentro do solo dependerá principalmente de seu tipo e sua característica. Quando ocorre o excesso hídrico devido a irrigação ou precipitação, a água se movimenta por gravidade através dos macroporos, deslocando nessa ação algumas partículas de solo e possibilitando a captura de ar nesses canais, onde os microporos serão preenchidos primeiro com esse volume de água devido a capilaridade. Em solos de característica arenosa, a água é drenada a partir da distância entre as partículas e fica armazenada nessas superfícies, enquanto que naqueles de características argilosas a água é retida contra a força da gravidade, devido ao espaçamento entre as partículas ser considerado pequeno. Quando irrigados, são capazes de armazenar 15% e 40% de água por unidade de volume, respectivamente. Já no processo de secagem do solo, a água é evaporada primeiramente dos macroporos e depois dos microporos, para então sair de suas partículas, cujo são formadas de areia, argila, silte e matéria orgânica (TAIZ, op. cit).

Em relação a essa perda de água por transpiração das plantas, é importante que a evapotranspiração atual (ETa) seja igual a evapotranspiração da cultura (ETc), pois isso significará que o volume de água disponível no solo e o fluxo de água da planta atendem à demanda atmosférica, ou seja, não há restrição hídrica. Quando a disponibilidade de água não é o suficiente a  $ETa < ETc$ , fazendo com que ocorra o déficit hídrico e conseqüentemente influenciando na produtividade (REICHARDT; TIMM, op. cit., 2016). Ainda segundo o autor, ETc é a máxima quantidade de água que uma cultura irá perder em determinado estágio de desenvolvimento e de condições climáticas, quando não há restrições de água no solo, enquanto que a ETa é a evapotranspiração que ocorre em qualquer situação de umidade de solo. Esses processos podem ser intensificados ou reduzidos devido ao vento, turbulência, umidade relativa do ar e potencial de vapor da água.

### 3.10 Precipitação x Produtividade

Cardoso et al (2017) analisaram a influência da precipitação pluviométrica na cultura do milho, no município de Parambu, Ceará, entre os anos de 2004 e 2015. No estudo, comprovou-se que de fato a chuva na região comprometeu a produção de grãos de *Zea mays* em 79%, porém há anos em que há uma distribuição irregular da

chuva, fazendo com que mesmo com bons índices pluviométricos para o desenvolvimento da cultura, haja uma redução na produtividade.

Para Manosso (2005), os extremos valores de precipitações, como déficit hídrico ou chuva em excesso, interferiram na produção agrícola das culturas e alterou o rendimento das safras, provocando uma queda de 47% em relação à produtividade média da soja, 59% do milho e 50% do trigo em um estudo semelhante para cidade de Apucarana, Paraná.

Silva e Barbosa (2021) avaliaram o efeito da precipitação sobre a produtividade agrícola da cana-de-açúcar no litoral sul do estado de Alagoas, para o período de 2000 à 2005. Segundo os autores, houve queda na produtividade das safras de 2000/2001, 2002/2003 e 2004/2005 devido à redução do acumulado precipitado. Além disso, houve a formação do fenômeno La Niña em alguns anos do período estudado, provocando frentes frias e aumento da média da precipitação mensal na região do estudo, fazendo com que a produtividade crescesse quando isso aconteceu nas fases em que as culturas mais necessitavam de água.

Segundo o trabalho de Silva, Prael-Pantano e Sant' Anna Neto (2008), que estudaram o efeito da precipitação sobre produtividade agrícola nos municípios que fazem parte do Médio Paranapanema – SP, quando houve volumes precipitados acima ou abaixo das médias históricas, a produtividade das culturas da região, principalmente sob grãos de milho e soja, sofreu alterações nas safras colhidas.

Santos et al (2008), compararam como a cultura de trigo se comportou em regime irrigado e com déficit hídrico de dez dias, e observaram que as plantas que foram submetidas a essa última condição, na fase inicial do florescimento, tiveram menor produção de fitomassa e produção de grãos.

Nogueira e Nagai (1988) simularam um déficit hídrico para a cultura de soja durante as fases do desenvolvimento da cultura, e concluíram que a produção de grãos foram reduzidas nos estágios de florescimento, vegetativo e de enchimento do grão. Além disso, o trabalho concluiu que a falta de água necessária influencia no número de vagens e de grãos, e também no peso dos mesmos.

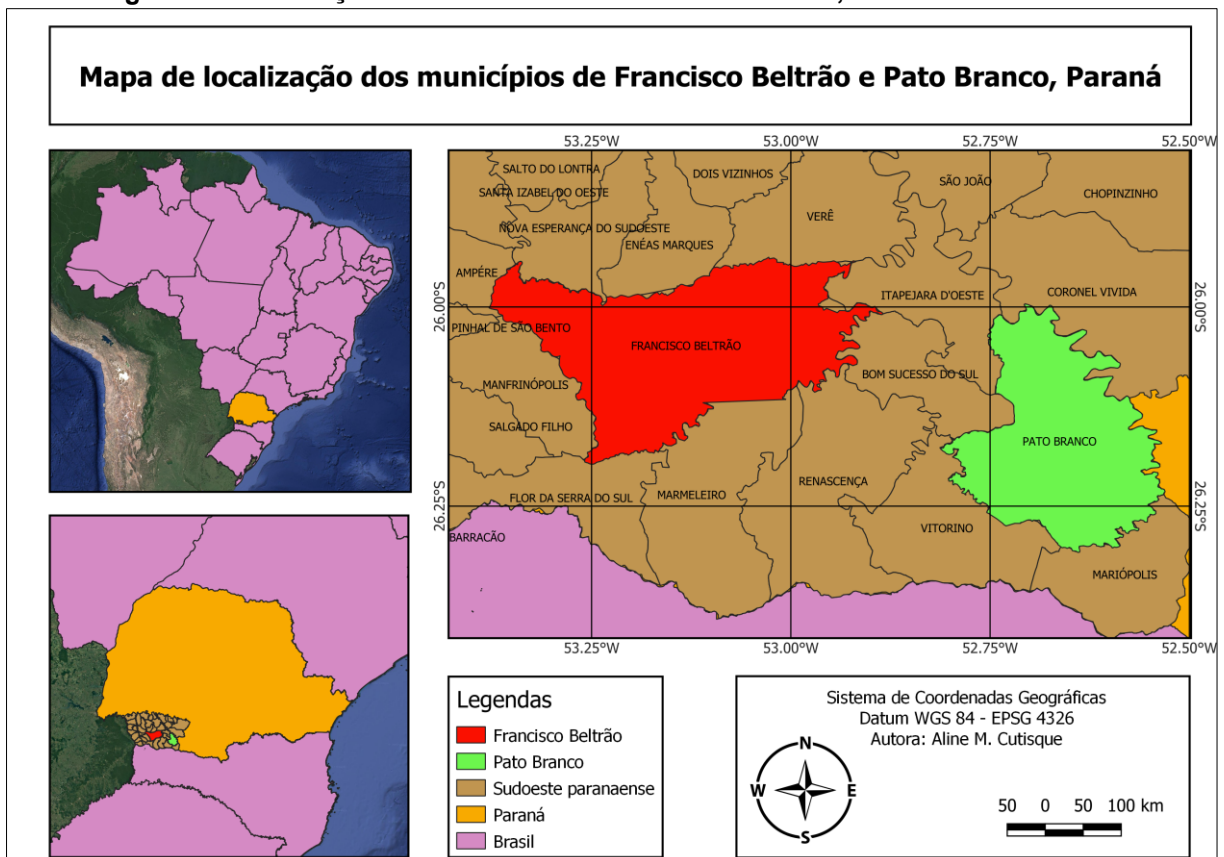
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Mapa de localização dos municípios

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o estado do Paraná possui uma área territorial de 199.298.981 km<sup>2</sup>, com uma população estimada de 11,6 milhões de habitantes em 2021. As cidades de Francisco Beltrão e Pato Branco possuem áreas territoriais de 735.111 km<sup>2</sup> e 539.087 km<sup>2</sup> e população estimada de 93.308 habitantes e 84.779 habitantes, respectivamente, também com relação ao mesmo ano.

A pesquisa se realizou a partir de dados climatológicos e de produção referente ao período de 2012 a 2020, totalizando um intervalo de 8 anos, para os municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco, localizados na região sudoeste do estado do Paraná (figura 1).

**Figura 1 - Localização de Pato Branco e Francisco Beltrão, no estado do Paraná**

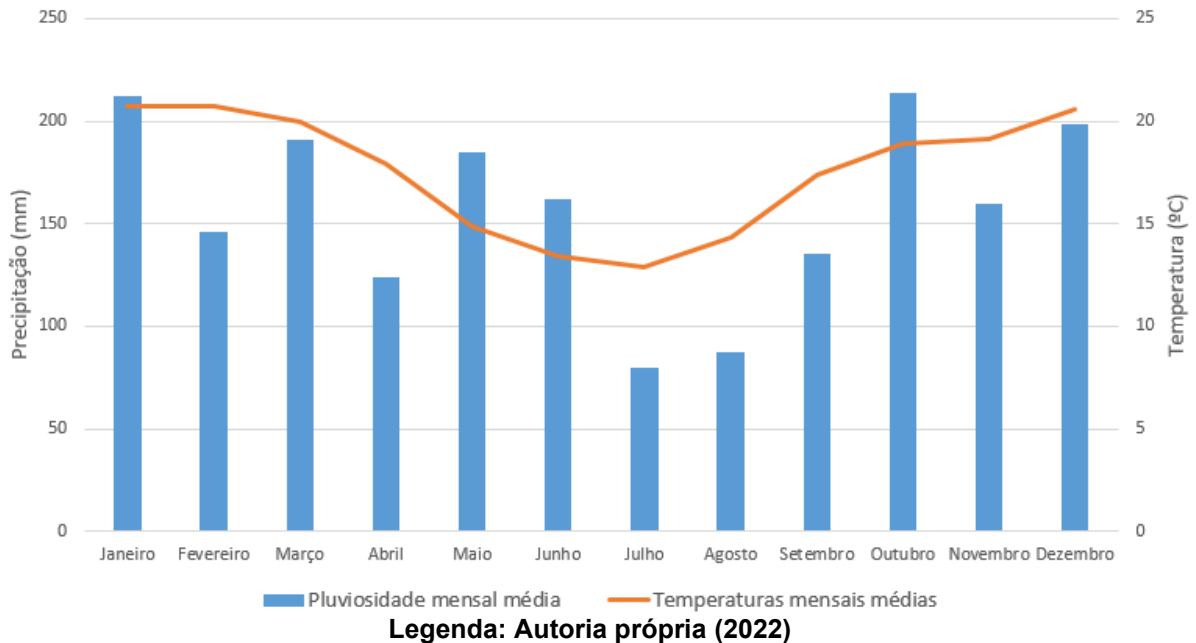


**Legenda: Autoria própria (2022)**

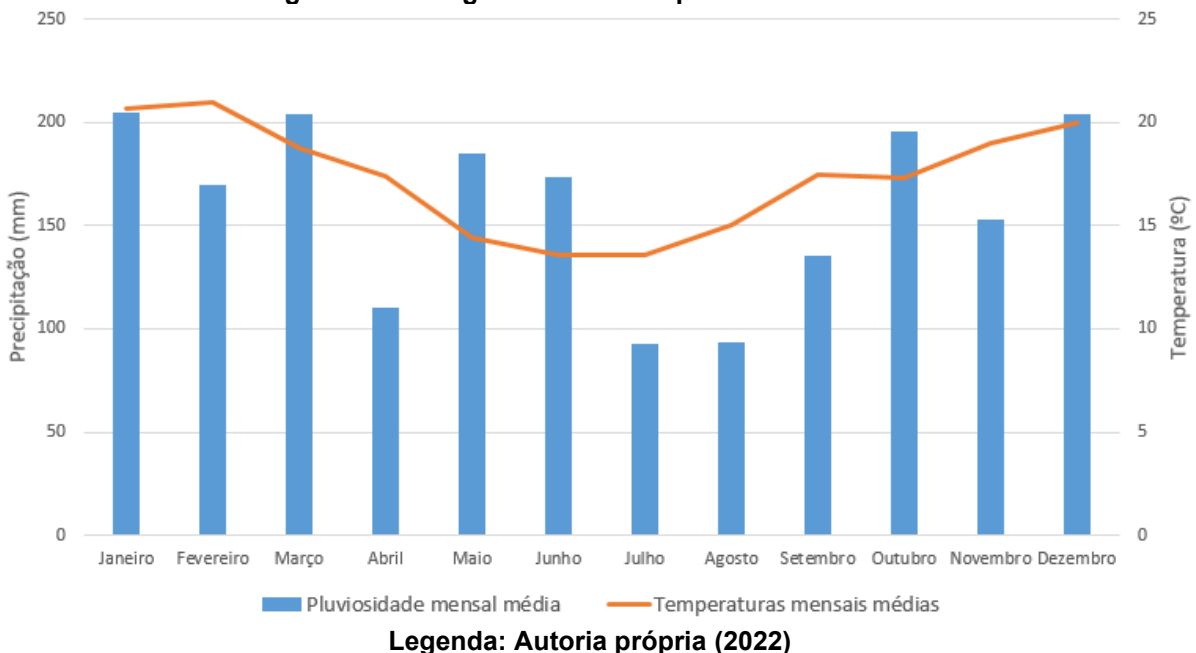
## 4.2 Clima

O comportamento médio de precipitação e temperatura de ambas as cidades podem ser observadas nos climogramas a seguir (figura 2 e 3), que foram elaborados a partir de dados do SIMEPAR para o período de 01/03/2012 à 31/12/2021.

**Figura 2 - Climograma do município de Francisco Beltrão**



**Figura 3 - Climograma do município de Pato Branco**



O tratamento dos dados ocorreu com a soma das precipitações (mm) e pela média das temperaturas (°C) diárias, tendo como resultado o quantitativo mensal para cada ano. Ao final, originou-se uma média histórica com esses dados quantitativos

mensais, ou seja, a média dos valores obtidos no mês em questão de todos os anos, para precipitação e temperatura (figura 4 e 5).

**Figura 4 - Média histórica de precipitação para o município de Pato Branco 2012 a 2021**

PRECIPITAÇÃO												
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2012	-	-	44,20	306,20	66,20	199,00	122,60	1,60	71,60	251,00	61,40	294,80
2013	176,20	227,60	361,40	114,20	267,00	417,20	72,80	149,60	207,40	133,40	97,60	255,40
2014	214,20	154,40	319,80	225,00	110,20	367,40	136,20	51,60	361,20	74,00	227,00	238,40
2015	236,00	215,80	196,80	50,20	220,00	167,80	339,00	77,80	154,80	208,00	294,00	448,80
2016	166,00	271,00	241,20	90,00	183,60	81,80	88,00	176,60	80,40	205,80	114,20	235,40
2017	342,60	201,00	102,20	120,00	394,00	76,40	7,60	145,40	38,60	420,40	189,80	94,20
2018	53,40	144,40	252,40	20,40	67,80	106,40	10,60	120,80	196,40	198,40	211,60	137,80
2019	192,40	221,20	235,00	144,00	340,20	36,20	30,20	36,40	44,80	122,60	173,20	123,20
2020	155,40	122,80	65,80	46,20	158,00	268,20	72,40	133,80	28,40	47,40	62,20	203,20
2021	395,80	22,40	20,60	3,00	44,60	17,60	44,80	42,40	171,80	294,80	100,00	12,20
MÉDIA	214,67	175,62	183,94	111,92	185,16	173,8	92,42	93,6	135,54	195,58	153,1	204,34

Legenda: Autoria própria (2022)

**Figura 5 - Média histórica da temperatura para o município de Pato Branco 2012 a 2021**

TEMPERATURA												
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2012	-	-	19,3	15,65	11,93	12,79	13,91	16,75	18,36	15,71	21,56	20,97
2013	20,7	21,33	19,55	16,83	13,89	13,15	11,92	13,47	15,77	16,07	20,87	19,1
2014	21,42	22,28	17,54	17,05	13,82	14,41	14,38	12,72	17,96	18,58	21,08	21,52
2015	22,3	20,08	21,24	16,58	15,75	15,34	14,04	17,94	17,72	18,83	17,41	20,72
2016	21,47	21,64	18,08	20,73	13,19	10,3	14,37	15	13,21	15,15	18,17	18,16
2017	18,36	19,86	18,18	18,14	17,5	15,04	14,15	14,63	19,42	15,53	18,24	19,83
2018	19,12	17,95	20,83	20,09	13,29	12,71	14	12,82	16,8	16,88	18,92	18,14
2019	21,68	22,06	18,63	18,17	17,41	13,32	12,75	14,62	17	20,87	16,41	19,82
2020	20,82	22,81	20,21	17,16	13,73	15,87	14,1	15,05	19,84	17,66	18,31	19,7
2021	19,15	20,56	15,19	15,96	13,2	12,81	12,8	17,01	18,72	17,27	19,09	22,56
MÉDIA	20,56	20,95	18,88	17,64	14,37	13,57	13,64	15,00	17,48	17,26	19,01	20,05

Legenda: Autoria própria (2022)

Percebe-se que a distribuição pluviométrica nos dois municípios, em média, ao longo da série histórica, é bem distribuída, não havendo meses sem chuva, com uma pequena redução no volume total nos meses de julho e agosto. E as temperaturas médias pouco excedem os 20° nos meses mais quentes (dezembro e janeiro), e ficam próximas a 15° nos meses mais frios (maio a julho).

Essa filtragem de dados aconteceu para os dois municípios, mas visando a não repetição das imagens, inseriu-se apenas para Pato Branco, uma vez que a metodologia aplicada foi a mesma para ambos.

Por não haver dados a partir de abril de 2022, esse ano não foi representado no climograma. Entretanto, como o objetivo deste era apenas mostrar o comportamento da precipitação e temperatura nos municípios estudados, não utilizou-se nenhuma técnica para preenchimento de falhas que contemplasse os meses posteriores ao último mês com dados.

### 4.3 Informações regionais sobre Francisco Beltrão e Pato Branco

A região sudoeste do estado é formada por 42 municípios que possuem características semelhantes, tanto em âmbito socioeconômico e cultural, possuindo principalmente propriedades rurais de pequeno porte e que são voltas para a agricultura familiar (GIRALDELLO et al., 2013). Na tabela 1 e 2, pode-se notar o número de estabelecimentos agropecuários e suas atividades econômicas dos municípios estudados, para o ano de 2017.

**Tabela 1 - Estabelecimentos agropecuários e áreas de acordo com as atividades econômicas para o município de Francisco Beltrão - PR**

<b>Atividades econômicas</b>	<b>Estabelecimentos</b>	<b>Área (ha)</b>
Lavoura temporária	922	26.357
Horticultura e floricultura	48	327
Lavoura permanente	27	482
Pecuária e criação de outros animais	1.499	26.597
Produção florestal de florestas plantadas	97	4.252
Produção florestal de florestas nativas	9	-
Aquicultura	19	-
<b>TOTAL</b>	<b>2.621</b>	<b>58.359</b>

Fonte: adaptado de IPARDES (2022b)

**Tabela 2 - Estabelecimentos agropecuários e áreas de acordo com as atividades econômicas para o município de Pato Branco - PR**

<b>Atividades econômicas</b>	<b>Estabelecimentos</b>	<b>Área (ha)</b>
Lavoura temporária	716	33.552
Horticultura e floricultura	35	317
Lavoura permanente	8	-
Pecuária e criação de outros animais	332	9.632
Produção florestal de florestas plantadas	10	369

Produção florestal de florestas nativas	6	-
Aquicultura	9	71
<b>TOTAL</b>	1.116	44.102

Fonte: adaptado de IPARDES (2022c)

De acordo com o SNCR (2022), Francisco Beltrão possui em seu território 6.300 imóveis rurais, enquanto que Pato Branco possui 4.476, segundo àqueles cadastrados até 01 de julho de 2022.

Segundo levantamento do IBGE informado dentro do Plano Diretor do município de Francisco Beltrão, as culturas de soja e milho representam aproximadamente 79% do valor da produção das lavouras temporárias, ocupando o primeiro e segundo lugar, respectivamente, enquanto que a cultura de trigo está em quinto, para o ano de 2015.

A produção de grãos de soja e milho também são referência no município de Pato Branco, tornando a agricultura o segmento com maior relevância social e econômica, gerando empregos para 3.438 pessoas que estão envolvidas nesse meio, de acordo com seu Plano Diretor.

#### **4.4 Base de dados climatológicos**

Os dados meteorológicos de precipitação foram obtidos juntos ao Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR e ao Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IDR, solicitados através de ofício institucional e por e-mail do órgão, respectivamente. Ambos contém informações do período de funcionamento da estação responsável pelo monitoramento dos eventos climáticos nos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco, além de mostrar os volumes precipitados em milímetros e as temperaturas registradas diariamente.

##### **4.4.1 Tratamento dos dados climatológicos**

Os dados de precipitação são fornecidos diariamente, por esse motivo, foi realizado a soma desses volumes precipitados a fim de obter o acumulado mensal para todos os meses do período objeto de estudo. Nessa etapa, utilizou-se a função “soma” disponível no Excel, onde esses valores obtidos foram dispostos em uma nova planilha, com os anos estudados sendo representados em uma coluna e os meses

em linha. Ao final, foi possível descobrir o acumulado precipitado para cada ano e as médias históricas mensais.

Com isso, identificou-se através da estatística básica, os períodos de estiagens e de grandes volumes precipitados, definindo-os através da metodologia utilizada por Sant’Anna Neto (1990), no qual estabeleceu-se as classes para a determinação de meses ou anos “chuvosos” (média mais o desvio padrão), “tendentes a chuvosos” (média mais o desvio padrão dividido por dois), “habituais” (intervalo entre: tendente a seco e tendente a chuvoso), “tendentes a secos” (média menos o desvio padrão dividido por dois) e “secos” (média menos o desvio padrão).

Ou seja, a partir do acumulado mensal de precipitação para a série histórica, os dados foram classificados como chuvosos (azul escuro), tendentes a chuvosos (azul marinho), habituais (branco), tendentes a secos (amarelo) e secos (vermelho).

A tabela 8 e 9 mostram essa classificação para Francisco Beltrão e de Pato Branco, respectivamente.

**Tabela 3 - Classificação dos anos em Francisco Beltrão de acordo com o volume precipitado**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2012	124,2	274,4	46,00	301,80	77,00	145,60	112,80	0,80	75,00	248,60	21,40	326,40
2013	183,40	211,40	315,60	125,40	251,20	382,80	81,20	139,60	209,80	223,80	150,80	255,20
2014	167,00	99,00	273,60	291,40	147,20	357,40	128,00	41,80	396,60	96,00	194,20	182,40
2015	221,60	144,80	164,60	63,00	191,00	142,60	289,60	56,00	102,80	165,80	359,20	415,00
2016	207,60	319,20	245,20	100,00	181,40	45,40	34,80	154,20	70,60	197,80	117,20	247,80
2017	152,60	75,40	127,40	118,60	240,00	55,60	10,60	144,40	29,00	456,80	316,80	148,40
2018	321,20	105,40	341,20	75,00	101,60	95,20	9,80	109,60	182,00	294,20	148,60	47,60
2019	177,20	245,80	205,40	176,60	350,00	38,80	25,60	22,00	61,60	121,40	161,40	134,60
2020	189,20	152,60	60,20	41,40	241,00	217,20	51,00	149,80	24,40	51,80	63,80	124,00
Média	193,78	180,89	197,69	143,69	197,82	164,51	82,60	90,91	127,98	206,24	170,38	209,04
DP	55,74	85,63	106,38	95,17	83,95	129,96	62,80	60,78	119,08	121,21	108,96	113,49

<b>Chuvoso</b>	250 ou +	267 ou +	304 ou +	239 ou +	282 ou +	294 ou +	145 ou +	152 ou +	247 ou +	327 ou +	279 ou +	323 ou +
<b>T. a chuvoso</b>	222 a 249	224 a 266	251 a 303	191 a 238	240 a 281	229 a 293	114 a 144	121 a 151	188 a 246	267 a 326	225 a 278	266 a 322
<b>Habitual</b>	167 a 221	139 a 223	146 a 250	97 a 190	157 a 239	101 a 228	52 a 113	62 a 120	69 a 187	147 a 266	117 a 224	153 a 265
<b>T. a seco</b>	139 a 166	96 a 138	92 a 145	50 a 96	115 a 156	36 a 100	21 a 51	31 a 61	10 a 68	86 a 146	62 a 116	97 a 152
<b>Seco</b>	0 a 138	0 a 95	0 a 91	0 a 49	0 a 114	0 a 35	0 a 20	0 a 30	0 a 9	0 a 85	0 a 61	0 a 96

Fonte: Autoria própria (2022)

**Tabela 4 - Classificação dos anos em Pato Branco de acordo com o volume precipitado**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2012	162,90	241,60	44,20	306,20	66,20	199,00	122,60	1,60	71,60	251,00	61,40	294,80
2013	176,20	227,60	361,40	114,20	267,00	417,20	72,80	149,60	207,40	133,40	97,60	255,40



2014	214,20	154,40	319,80	225,00	110,20	367,40	136,20	51,60	361,20	74,00	227,00	238,40
2015	236,00	215,80	196,80	50,20	220,00	167,80	339,00	77,80	154,80	208,00	294,00	448,80
2016	166,00	271,00	241,20	90,00	183,60	81,80	88,00	176,60	80,40	205,80	114,20	235,40
2017	342,60	201,00	102,20	120,00	394,00	76,40	7,60	145,40	38,60	420,40	189,80	94,20
2018	53,40	144,40	252,40	20,40	67,80	106,40	10,60	120,80	196,40	198,40	211,60	137,80
2019	192,40	221,20	235,00	144,00	340,20	36,20	30,20	36,40	44,80	122,60	173,20	123,20
2020	155,40	122,80	65,80	46,20	158,00	268,20	72,40	133,80	28,40	47,40	62,20	203,20
Média	188,79	199,98	202,09	124,02	200,78	191,16	97,71	99,29	131,51	184,56	159,00	225,69
DP	76,92	49,20	110,62	91,72	116,00	134,64	67,70	59,71	109,69	111,09	80,19	107,07

<b>Chuvoso</b>	<b>266 ou +</b>	<b>249 ou +</b>	<b>313 ou +</b>	<b>216 ou +</b>	<b>317 ou +</b>	<b>326 ou +</b>	<b>165 ou +</b>	<b>159 ou +</b>	<b>241 ou +</b>	<b>296 ou +</b>	<b>239 ou +</b>	<b>333 ou +</b>
T. a chuvoso	227 a 265	225 a 248	257 a 312	170 a 215	259 a 316	258 a 325	132 a 164	129 a 158	186 a 240	240 a 295	199 a 238	279 a 332
Habitual	151 a 226	176 a 224	148 a 256	79 a 169	144 a 258	125 a 257	35 a 131	70 a 128	78 a 185	130 a 239	120 a 198	173 a 278
T. a seco	113 a 150	152 a 175	92 a 147	33 a 78	86 a 143	58 a 124	31 a 64	41 a 69	23 a 77	74 a 129	80 a 119	120 a 172
Seco	0 a 112	0 a 151	0 a 91	0 a 32	0 a 85	0 a 57	0 a 30	0 a 40	0 a 22	0 a 73	0 a 79	0 a 119

Fonte: Autoria própria (2022)

Nota-se para os dois municípios que em todos os anos da série histórica estudada estão presentes algum extremo de precipitação, como secas e chuvas em excesso e não existe um ano com todos meses habituais, ou seja, com valores de precipitação dentro da média.

Além disso, pode-se afirmar que em Francisco Beltrão, excluindo os meses secos de 2012, a falta de precipitação começou a ser cada vez mais intensa a partir de 2017, entretanto, os anos de 2013 a 2016 tenderem a um padrão de normalidade e chuvoso.

Os acontecimentos em Pato Branco referentes a falta de precipitação condizem com os mesmos períodos de Francisco Beltrão. O que diferiu foi o intervalo entre 2013 a 2016, uma vez que esses anos não ocorreram precipitações bem distribuídas, variando entre meses tendentes a secos e chuvosos.

Todavia, não é possível garantir que o volume precipitado em um determinado mês foi o responsável por alterações na produtividade de culturas, pois deve ser levado em consideração como a água se comporta no solo e sua distribuição. Ou seja, é preciso verificar se o volume precipitado pode ter interferido na deficiência, excedente, retirada ou reposição de água no solo, e através do balanço hídrico que foi possível analisar essas situações para as safras que foram destaques positivos e negativos de produtividade das culturas de milho, soja e trigo, conforme indicado nas tabelas 6 e 7.

#### 4.5 Base de dados da produção agrícola






Os dados da produção agrícola foram obtidos juntos ao site da Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná, em conjunto com o Departamento de Economia Rural (DERAL), disponíveis para download.

##### 4.5.1 Tratamento dos dados obtidos junto ao DERAL

Os dados fornecidos pelo DERAL contemplam todos os municípios paranaenses, diversas culturas e safras que são de 1996/1997 a 2019/2020. Por isso, foi necessário aplicar filtros para obter as informações pertinentes a localidade e período do estudo proposto. Esse filtro foi realizado dentro da própria planilha do Excel baixada do site da entidade.

A filtragem permitiu a comparação para uma mesma safra de uma mesma cultura, para os municípios aqui estudados, conforme observado na figura 6, que mostra esse comparativo entre ambos, para o trigo da safra 2019/2020, como exemplo.

**Figura 6 - Produção agrícola de trigo para Francisco Beltrão e Pato Branco referente a safra 19/20**

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO – SEAB DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL – DERAL		
		
PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DO PARANÁ		
Selecione a SAFRA :	19/20	
Selecione a REGIAO:	(Tudo)	
Selecione o NUCLEO REGIONAL:	(Tudo)	
Selecione a CULTURA:	Trigo	
Município	Área (ha)	Produção (t)
Francisco Beltrão	3.000,0	7.200,0
Pato Branco	7.500,0	24.750,0
Total Geral	10.500,0	31.950,0

Fonte: DERAL (2022)

## **4.6 Correlação dos dados**

Verificou-se se houve queda ou não na produção de milho, soja e trigo e analisou-se se esses dados estavam relacionados com as classificações dos meses, em especial para chuvosos ou secos.

Também foi possível analisar se mesmo com condições ótimas de precipitação para um determinado mês, se a produtividade foi afetada devido a algum evento extremo ocorrido nos meses anteriores.

Como citado anteriormente, utilizou-se da média e desvio padrão para a classificação dos dados, porém ao avistar um evento incomum que possa ter provocado uma mudança na produção, realizou-se um balanço hídrico do período de produção (meses de plantio, desenvolvimento e colheita) do respectivo produto de acordo com a metodologia de Thornthwaite & Mather (1955) aplicada em uma planilha no Excel elaborada por Rolim et. Al (1998), referente ao ano para entender o comportamento da precipitação e relação solo e planta naquele período.

Entende-se como produtividade a quantidade colhida de uma cultura por unidade de área, normalmente representada em quilogramas por hectare (kg/ha). A fim de obter esse fator, os dados do DERAL de área (ha) e produção (t) foram divididos e a partir dos valores obtidos, calculou-se a média e o desvio padrão das safras da série histórica. Para determinar um valor mínimo e máximo a ser atingido para classificar se os valores da produtividade estavam acima ou abaixo da média, foi realizado a média mais ou menos desvio padrão. Ou seja, ao visualizar o valor obtido por essa operação estatística, foi possível determinar se a produtividade (t/ha) de determinada safra estava acima ou abaixo do valor necessário para ser classificada como produtividade destaque, positivo ou negativo. Na tabela 6 e 7 é possível verificar essas operações.

### **4.6.1 Realização do balanço hídrico**

De acordo com a EMBRAPA (1989), entende-se como balanço hídrico a quantidade de água de entrada e saída do solo, tendo sua aplicação para períodos diários, mensais e anuais, sendo este último aplicado normalmente para um período específico de uma série histórica, aonde irá ser observado os valores médios desses parâmetros de chuva e evapotranspiração.

Após aplicar o balanço hídrico anual nas culturas estudadas, foi possível observar em quais meses houve déficit, excesso, reposição e retirada de água no solo.

Vale ressaltar que os dados de temperatura que foram obtidos foram utilizados para realização do balanço hídrico e também foram necessários para construção dos climogramas vistos nas figuras 2 e 3.

#### 4.6.2 Calendário agrícola do Paraná

Como os fatores climáticos influenciam no desenvolvimento de todas as culturas, os órgãos responsáveis criaram os calendários agrícolas para cada estado da federação, aonde é representado os períodos anuais em que deve ser feito o plantio e colheita das safras visando o clima regional e sua distribuição anual.

Para o estado do Paraná a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) definiu essas fases conforme pode ser observado no quadro 1.

**Quadro 1 - Calendário agrícola para as culturas de soja, milho e trigo, no estado do Paraná**

Culturas	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Milho 1ª safra	Plantio			Colheita						Plantio		
Soja	Plantio			Colheita						Plantio		
Trigo	Colheita			Plantio			Colheita					

Fonte: Adaptado de CONAB (2020)

Vale ressaltar que mesmo o agricultor seguindo essas datas, sua produção continua sendo exposta a intempéries que podem resultar em uma perda ou queda em sua colheita.

Por isso, ao verificar se há queda ou aumento na produção nos meses do calendário agrícola para cada cultura, é possível analisar se a precipitação foi uma dessas intempéries responsáveis por tal consequência.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Produtividade agrícola

Na tabela 3, 4 e 5, é possível analisar as áreas em hectares e a produção agrícola em toneladas, para as culturas de milho, soja e trigo, dos dois municípios no intervalo de 2012 a 2020.

**Tabela 5 - Área e produção de Francisco Beltrão (FB) e Pato Branco (PB) para a cultura do milho**

Safrá	FB		PB	
	Área (ha)	Produção (t)	Área (ha)	Produção (t)
12/13	17,300,00	134,400,00	7,600,00	75,600,00
13/14	12,000,00	99,750,00	4,850,00	53,100,00
14/15	11,200,00	93,680,00	5,200,00	49,400,00
15/16	10,600,00	65,800,00	7,700,00	57,820,00
16/17	14,200,00	93,400,00	12,300,00	111,160,00
17/18	6,000,00	31,800,00	6,350,00	51,375,00
18/19	5,800,00	37,360,00	12,700,00	89,720,00
19/20	6,300,00	40,600,00	14,500,00	99,500,00

Fonte: DERAL (2022)

**Tabela 6 - Área e produção de Francisco Beltrão (FB) e Pato Branco (PB) para a cultura da soja**

Safrá	FB		PB	
	Área (ha)	Produção (t)	Área (ha)	Produção (t)
12/13	29,500,00	83,600,00	22,550,00	72,285,00
13/14	30,200,00	76,240,00	23,600,00	67,720,00
14/15	32,650,00	107,610,00	29,450,00	96,617,00
15/16	36,000,00	115,000,00	29,050,00	96,065,00
16/17	32,600,00	117,370,00	24,200,00	84,525,00
17/18	17,000,00	64,600,00	28,200,00	103,840,00
18/19	19,500,00	64,350,00	29,200,00	87,600,00
19/20	20,000,00	75,000,00	29,850,00	118,440,00

Fonte: DERAL (2022)

**Tabela 7 - Área e produção de Francisco Beltrão (FB) e Pato Branco (PB) para a cultura do trigo**

Safrá	FB		PB	
	Área (ha)	Produção (t)	Área (ha)	Produção (t)
12/13	8,500,00	18,610,00	10,000,00	31,100,00
13/14	12,800,00	23,520,00	13,000,00	27,300,00
14/15	11,000,00	22,800,00	8,500,00	15,300,00
15/16	11,000,00	34,450,00	5,500,00	22,000,00
16/17	11,000,00	18,400,00	5,000,00	12,000,00

17/18	3,300,00	5,940,00	7,000,00	12,600,00
18/19	3,000,00	6,300,00	7,000,00	17,500,00
19/20	3,000,00	7,200,00	7,500,00	24,750,00

Fonte: DERAL (2022)

Realizando a divisão da pela quantidade produzida pela área, obteve-se a produtividade agrícola das safras no município de Francisco Beltrão e Pato Branco, observada nas tabela 6 e 7, respectivamente. Para classificar as safras, foi utilizado a média mais ou menos o desvio padrão (D.P), onde os valores que estavam superiores ou inferiores aos encontrados, foram dados como acima (verde) ou abaixo (vermelho) da média de produtividade.

**Tabela 8 - Produtividade agrícola no município de Francisco Beltrão**

Cultura	Safrá								Média	D.P	Média + DP	Média - DP
	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20				
Milho	7,77	8,31	8,36	6,21	6,58	5,30	6,44	6,44	6,93	1,10	8,03	5,83
Soja	2,83	2,52	3,30	3,19	3,60	3,80	3,30	3,75	3,29	0,44	3,73	2,84
Trigo	2,19	1,84	2,07	3,13	1,67	1,80	2,10	2,40	2,15	0,46	2,61	1,69

Fonte: Autoria própria (2022)

ACIMA DA MÉDIA (MÉDIA + D.P)
ABAIXO DA MÉDIA (MÉDIA - D.P)

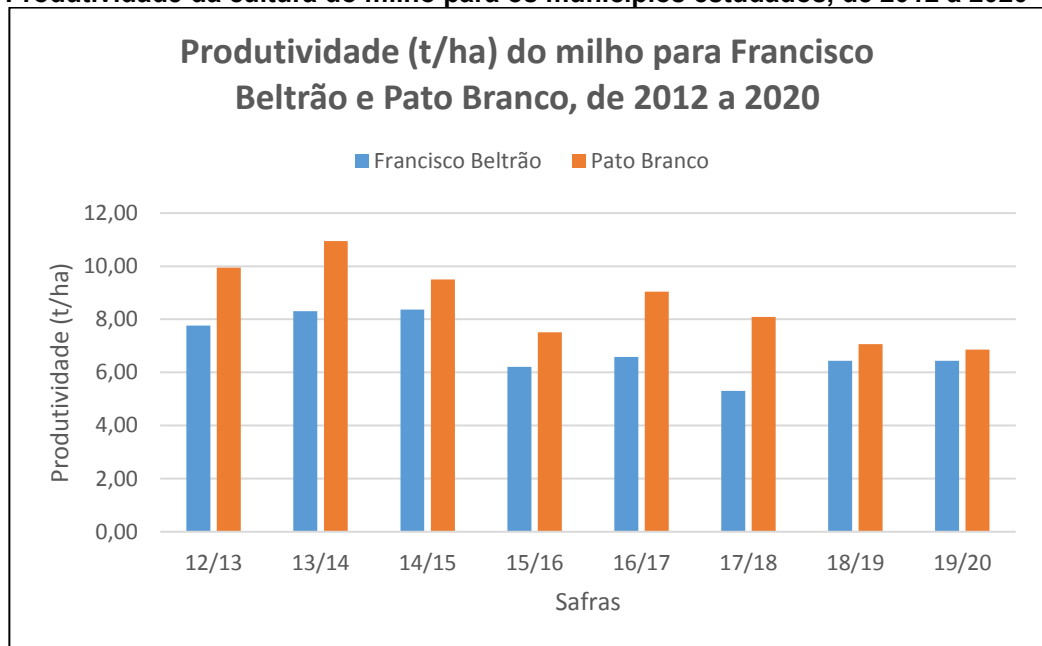
**Tabela 9 - Produtividade agrícola no município de Pato Branco**

Cultura	Safrá								Média	D.P	Média + DP	Média - DP
	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20				
Milho	9,95	10,95	9,50	7,51	9,04	8,09	7,06	6,86	8,62	1,47	10,09	7,15
Soja	3,21	2,87	3,28	3,31	3,49	3,68	3,00	3,97	3,35	0,35	3,71	2,99
Trigo	3,11	2,10	1,80	4,00	2,40	1,80	2,50	3,30	2,63	0,78	3,41	1,84

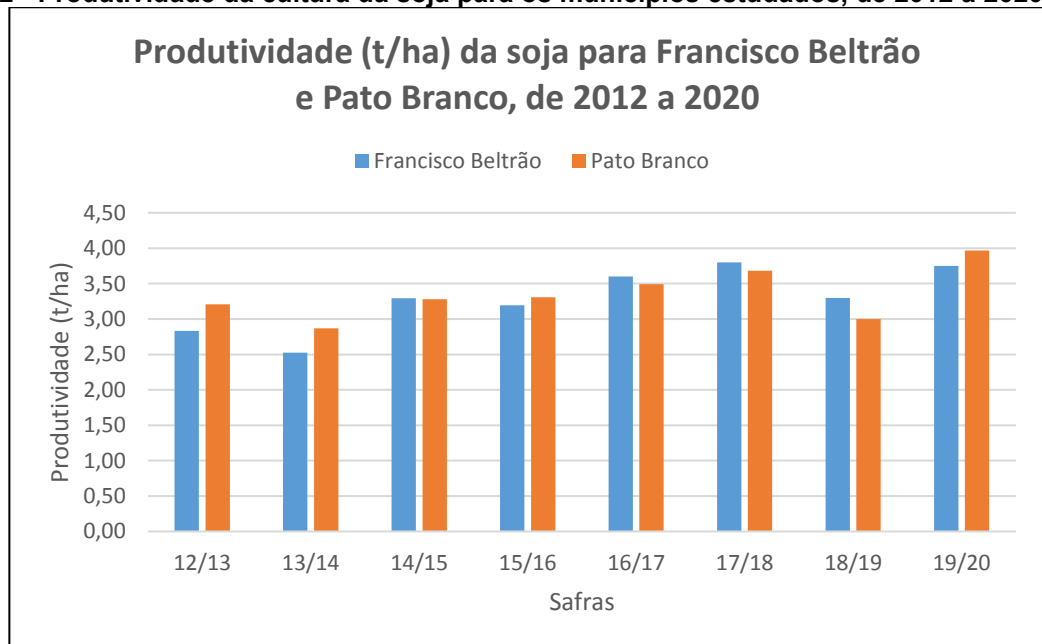
Fonte: Autoria própria (2022)

ACIMA DA MÉDIA (MÉDIA + D.P)
ABAIXO DA MÉDIA (MÉDIA - D.P)

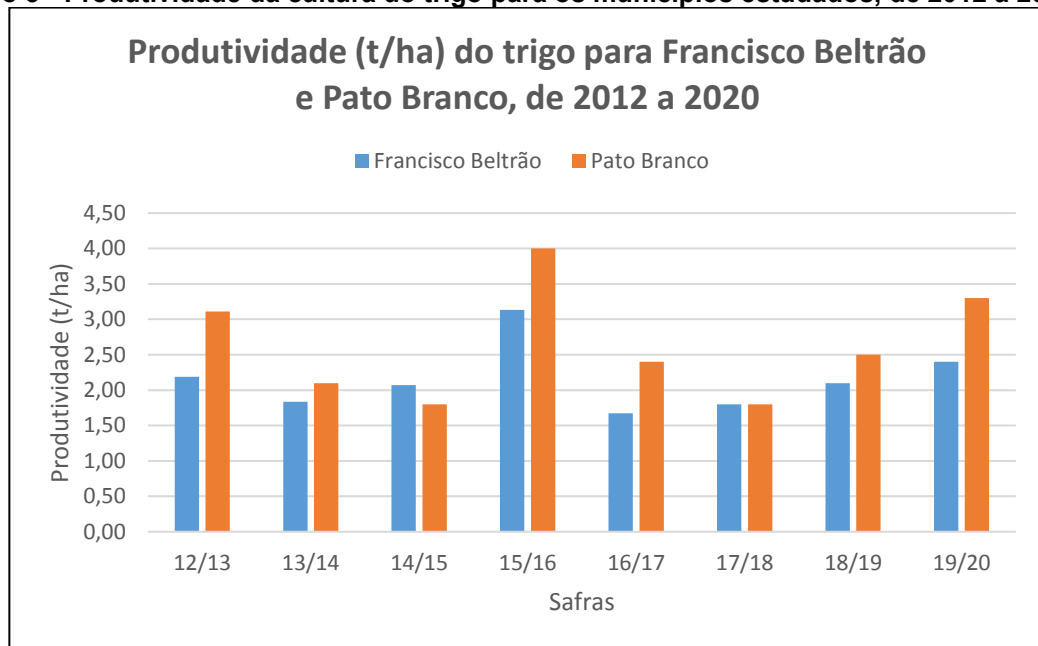
Ao analisar as tabelas 6 e 7 é possível verificar quais safras tiveram uma produtividade destaque nos municípios estudados. Já os gráficos 1, 2 e 3 mostram a comparação entre a produtividade dos dois municípios, conforme mostrado abaixo:

**Gráfico 1 - Produtividade da cultura do milho para os municípios estudados, de 2012 a 2020**

**Legenda: Autoria própria (2022)**

**Gráfico 2 - Produtividade da cultura da soja para os municípios estudados, de 2012 a 2020**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Gráfico 3 - Produtividade da cultura do trigo para os municípios estudados, de 2012 a 2020**

Fonte: Autoria própria (2022)

Percebe-se nos gráficos que as informações contidas nas tabelas 6 e 7 são condizentes, tanto em pontos altos quanto baixos.

Em relação a Francisco Beltrão, a cultura do milho teve produtividade destaque acima da média nas safras de 13/14 e 14/15, e abaixo da média em 17/18. A soja foi destaque positivo em 17/18 e 19/20, e negativo em 12/13 e 13/14. Para o milho, a safra destaque positivo foi em 15/16 e negativo em 16/17.

Em Pato Branco, a cultura do milho teve produtividade destaque acima da média na safra de 13/14 e abaixo da média em 18/19 e 19/20. A soja foi destaque positivo em 19/20 e negativo em 13/14. Para o milho, a safra destaque positivo foi em 15/16 e negativo em 14/15 e 17/18.

Nas safras que foram destaque, tanto acima e abaixo da média, analisou-se se elas estavam relacionadas com a classificação dos meses (tabela 8 e 9) e também com o balanço hídrico desses anos.

## 5.2 Balanços hídricos de Francisco Beltrão

Como já citado, foi realizado balanços hídricos (B.H) para as safras que tiveram produção destaque (tabela 6). Abaixo, é possível verificar mais detalhadamente como a água se comportou no solo nas respectivas safras e como estas foram impactadas devido a disponibilidade hídrica.

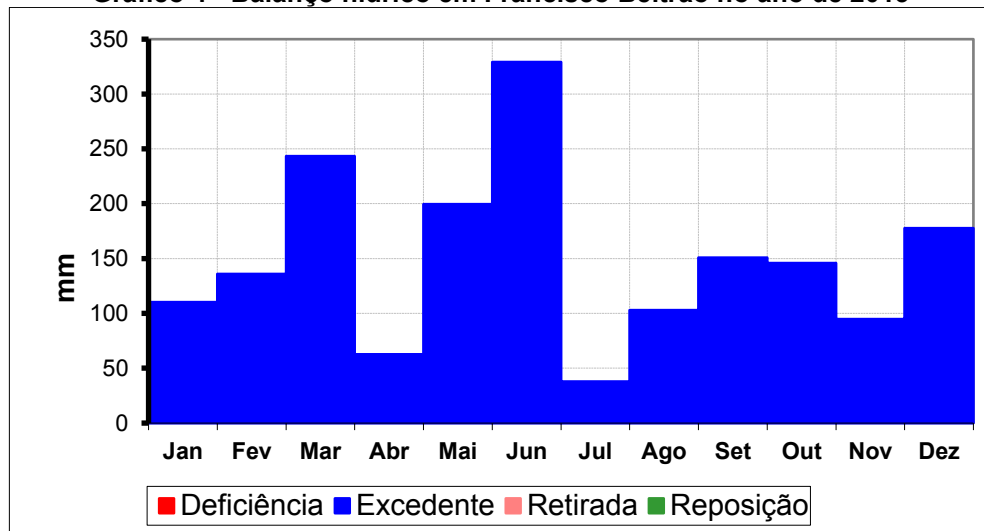


Foi levado em consideração todos os meses referentes aos anos que foram classificados como anos destaques de produtividade, mesmo que alguns meses não façam parte do calendário agrícola das culturas aqui estudadas. Isso foi motivado devido ao solo já estar em uma condição no momento em que o plantio da cultura se inicia, o que pode influenciar em como os meses posteriores irão se comportar. Ou seja, se uma cultura se inicia em setembro, o volume precipitado para os meses que antecedem a este, foram considerados no balanço hídrico, a fim de proporcionar uma análise mais ampla do que aconteceu no balanço hídrico ao longo de todos os meses, e não somente para os correspondentes ao calendário, pois poderia mostrar um resultado diferente do que aconteceu de fato.

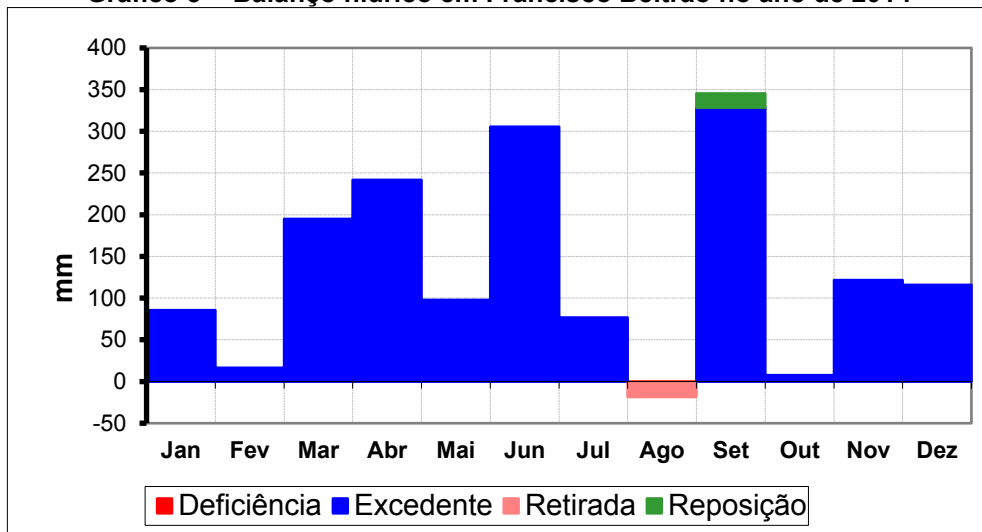
### 5.2.1 Análises do balanço hídrico de Francisco Beltrão para a cultura do milho

O milho teve produtividade destaque positivo nas safras de 13/14 e de 14/15 e negativo na safra de 17/18, com um calendário agrícola iniciando com o plantio de setembro a dezembro e com a colheita no ano seguinte nos meses de janeiro a maio. A seguir, é possível analisar o B.H para os anos acima citados.

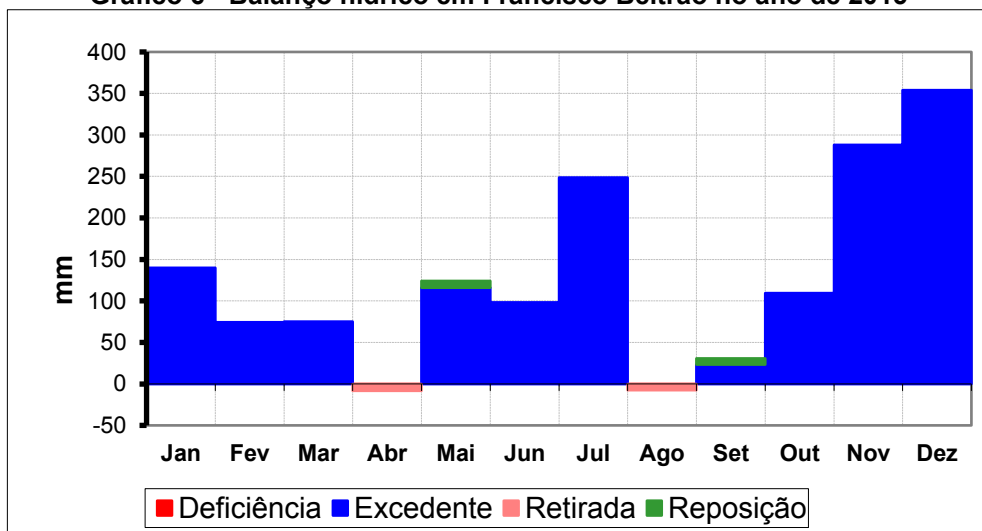
**Gráfico 4 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2013**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 5 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2014**

Fonte: Autoria própria (2022)

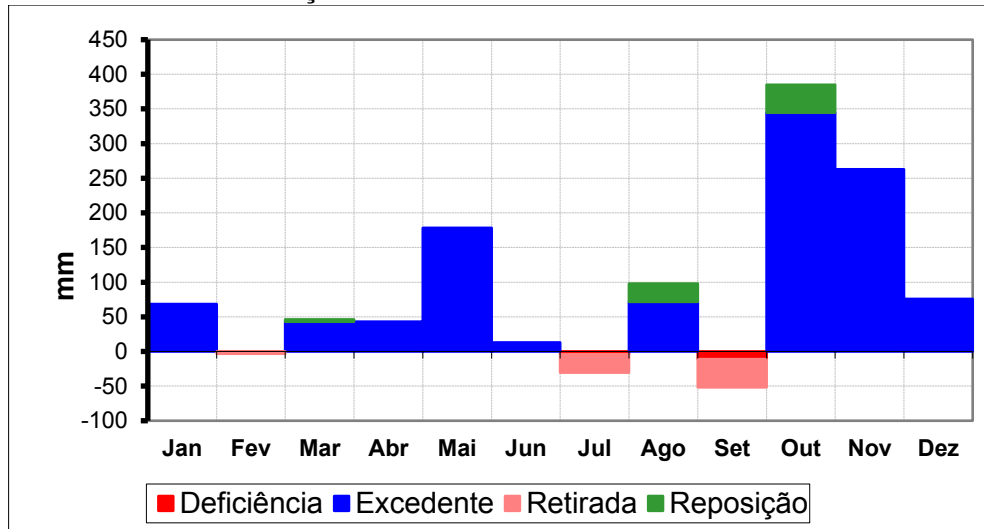
**Gráfico 6 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2015**

Fonte: Autoria própria (2022)

Observando os gráficos acima no intervalo dos meses do calendário agrícola para a cultura, é possível compreender o motivo das safras terem sido destaques acima da média de produtividade, onde mesmo que em abril de 2015 tenha acontecido a retirada de água do solo, logo no mês seguinte aconteceu a reposição. Vale ressaltar ainda que a cultura do milho precisa de 600 milímetros em média para que possa se desenvolver de maneira adequada, e ao analisar os gráficos 4, 5 e 6, é visível que esse volume foi superado, mas não em quantidades que viessem a provocar danos aos grãos.

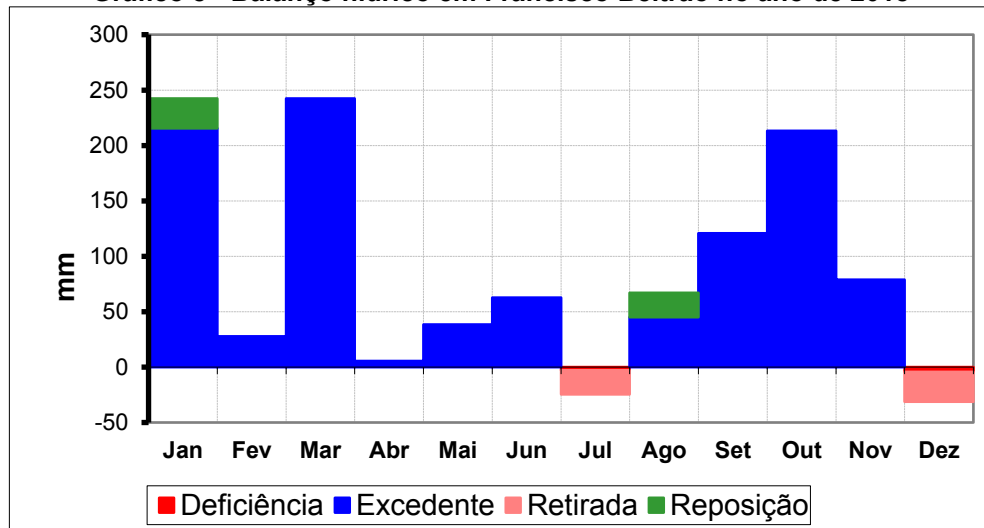
A quantidade produtiva da safra de 17/18 foi afetada pela irregularidade da precipitação, em especial nos primeiros meses do plantio onde em setembro de 2017 houve retirada da água do solo e em outubro chuva em excesso, quase atingindo os 600 milímetros necessários somente neste mês. Além de outubro de 2017 ter registrado excedente e reposição de água no solo, o mesmo aconteceu nos meses de janeiro e março de 2018, portanto, pode-se dizer que grandes volumes de chuva foram um dos principais fatores que afetaram a produtividade do milho nessa safra.

**Gráfico 7 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2017**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 8 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2018**



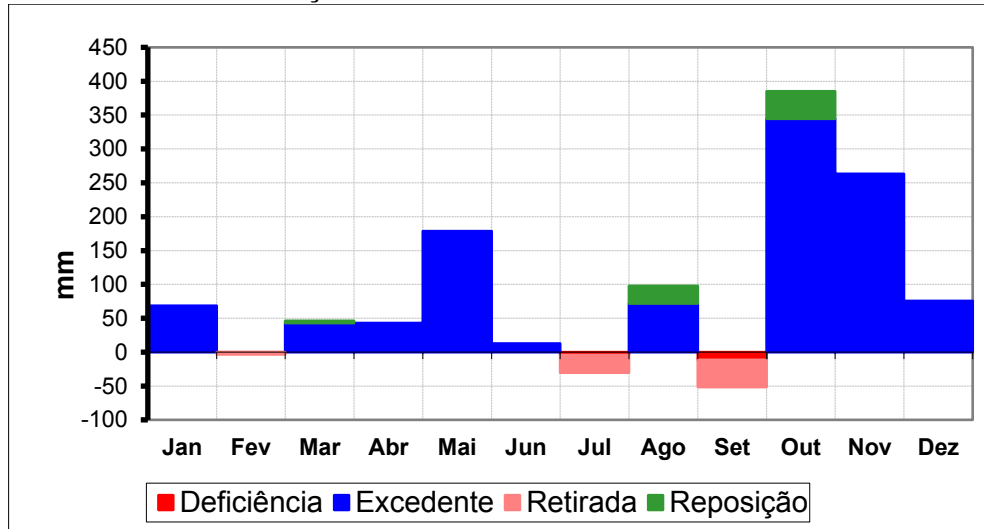
Fonte: Autoria própria (2022)

### 5.2.2 Análise do balanço hídrico de Francisco Beltrão para a cultura da soja

A soja teve produtividade destaque positivo nas safras de 17/18 e de 19/20 e negativo nas safras de 12/13 e 13/14, com um calendário agrícola iniciando, assim

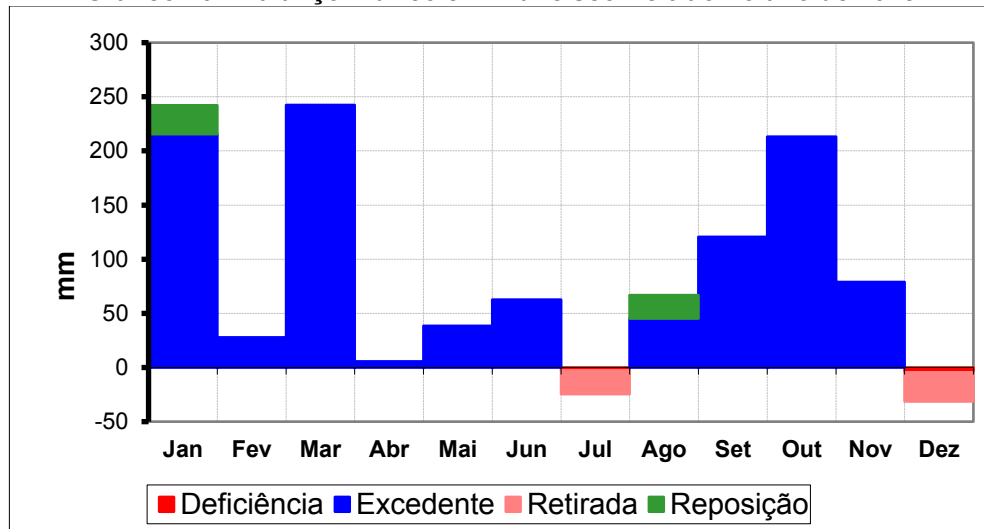
como o milho, com o plantio de setembro a dezembro e com a colheita no ano seguinte nos meses de janeiro a maio. A seguir, é possível analisar o B.H para os anos acima citados.

**Gráfico 9 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2017**

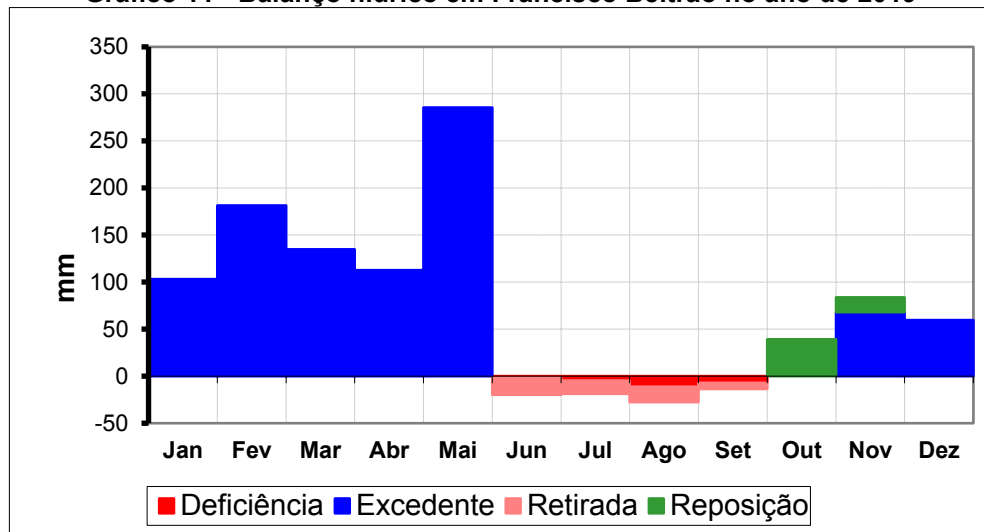


Fonte: Autoria própria (2022)

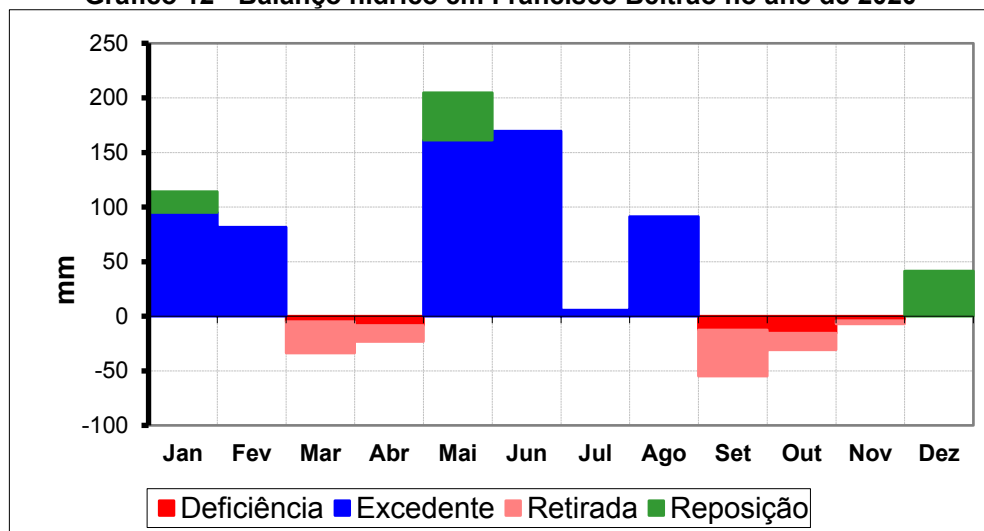
**Gráfico 10 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2018**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 11 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2019**

Fonte: Autoria própria (2022)

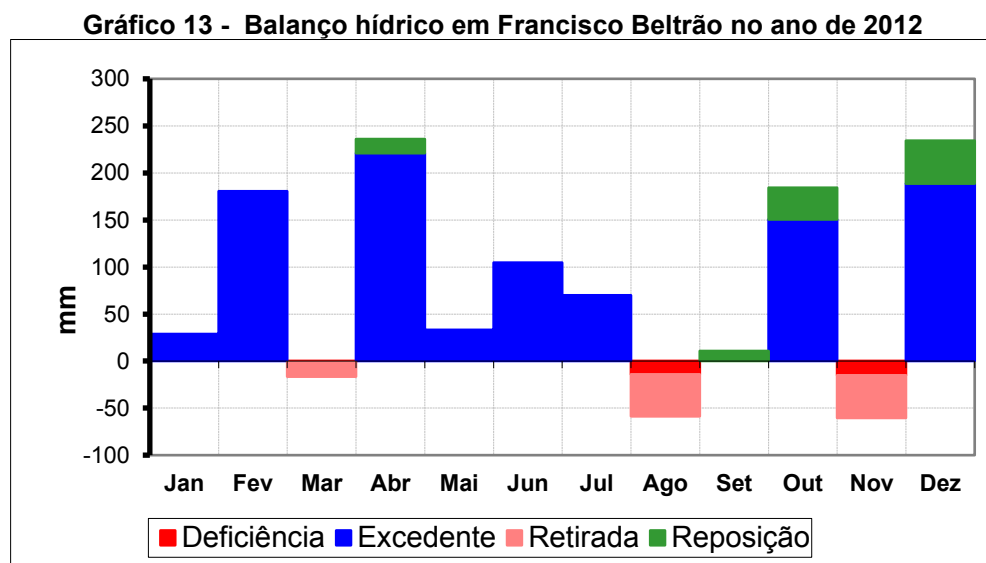
**Gráfico 12 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2020**

Fonte: Autoria própria (2022)

Ao analisar o gráfico 2, é possível verificar que a produtividade da soja foi maior na safra de 17/18, quando comparada com a safra de 19/20, mesmo em área plantada e quantidade colhida esta tenha sido em menor escala (cerca de 3.000 hectares). Mesmo que a produtividade das duas safras sejam apenas de 0,05 toneladas por hectares de diferença, isso pode ser explicado através da comparação dos gráficos acima, referente aos meses do calendário agrícola. Nota-se que a safra de 17/18 teve valores precipitados mais elevados, mesmo que em setembro tenha acontecido uma retirada de água do solo, enquanto que na safra de 19/20 a cultura enfrentou retirada e reposição de água do solo no início da plantação e teve valores

menores de precipitação no início da colheita (em janeiro de 2020), além de sofrer em março e abril com retirada de água. Isso nos ajuda a perceber como a precipitação afeta o desenvolvimento de grãos e por consequência sua produtividade, uma vez que a quantidade de área foi a grande responsável pela safra de 19/20 não ter sido abaixo da média de produção.

Nos gráficos 4, 5 e 13, mostram os balanços hídricos para os anos de 2013, 2014 e 2012, respectivamente. Para buscar analisar o motivo das safras de soja que tiveram safras abaixo da média da produtividade, foi utilizado os gráficos citados acima.



Fonte: Autoria própria (2022)

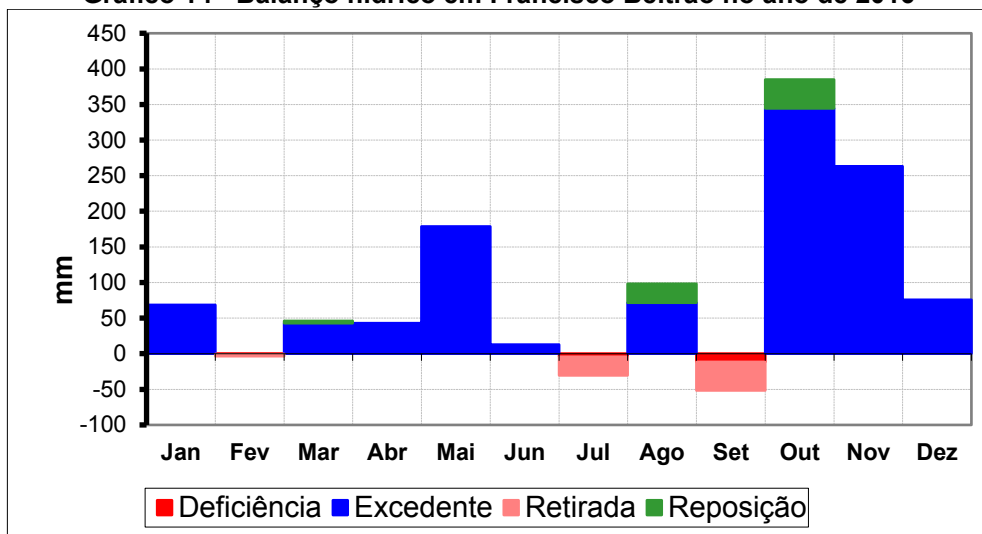
Ao observar o gráfico 2, nota-se que a safra de 12/13 foi maior que a de 13/14, mesmo que a área utilizada para a plantação tenha sido menor (cerca 700 hectares). A safra de 12/13 só presenciou algo diferente de excedente hídrico em novembro de 2012 quando se teve retirada de água do solo, e mesmo que a safra de 13/14 apenas presenciou excedente hídrico, os valores foram muito menos de água disponível no solo. Nesse caso, pode afirmar que a disponibilidade hídrica no solo foi o que fez diferença na produtividade.

### 5.2.3 Análises do balanço hídrico de Francisco Beltrão para a cultura do trigo

O trigo teve produtividade destaque positivo na safra de 15/16 e negativo na safra de 16/17, com um calendário agrícola iniciando com o plantio de abril a julho e com a colheita nos meses de agosto a dezembro. Nos gráficos 6 e 14, mostram os balanços hídricos para os anos de 2015 e 2016, respectivamente. Para analisar as

safras de trigo que tiveram safras abaixo da média da produtividade, foi utilizado os gráficos citados acima. Como o trigo tem seu calendário agrícola o plantio e cultivo no mesmo ano, com as informações sendo divulgadas apenas no ano seguinte e também devido a uma padronização nas nomeações das safras, foi considerado nesse trabalho que a safra de 15/16 trata-se dos grãos referente ao ano de 2015, e na de 16/17, referente ao ano de 2016. Por isso, para interpretação dos balanços hídricos referente as culturas do trigo, a análise foi apenas do gráfico para o período em questão, e não da análise de dois gráficos como foi para o milho e para a soja.

**Gráfico 14 - Balanço hídrico em Francisco Beltrão no ano de 2016**



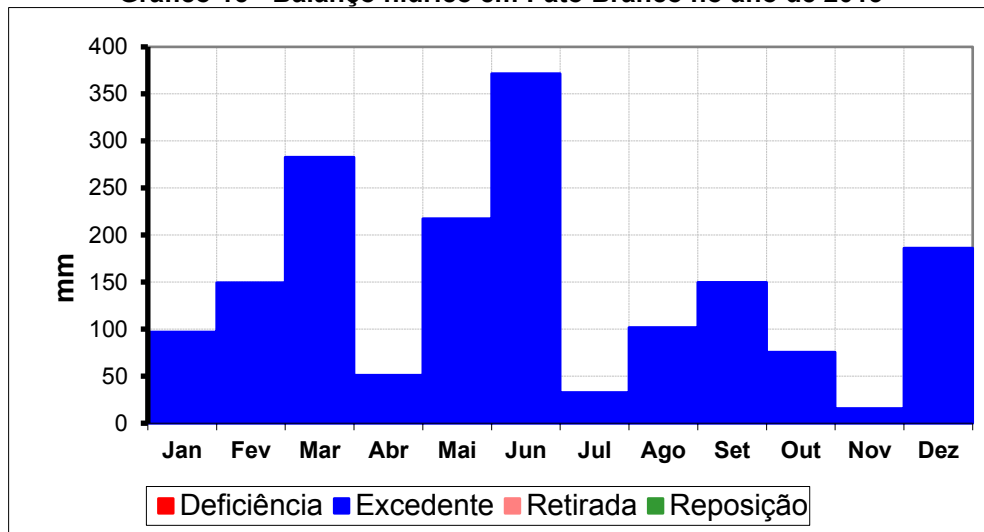
Fonte: Autoria própria (2022)

Nota-se a safra de 15/16 quase não teve retirada de água do solo, enquanto que a de 16/17 presenciou mais momentos assim, o que pode explicar o porquê da produtividade acima da média para o ano de 2015, mesmo que a área plantada em ambas as safras tenha sido a mesma.

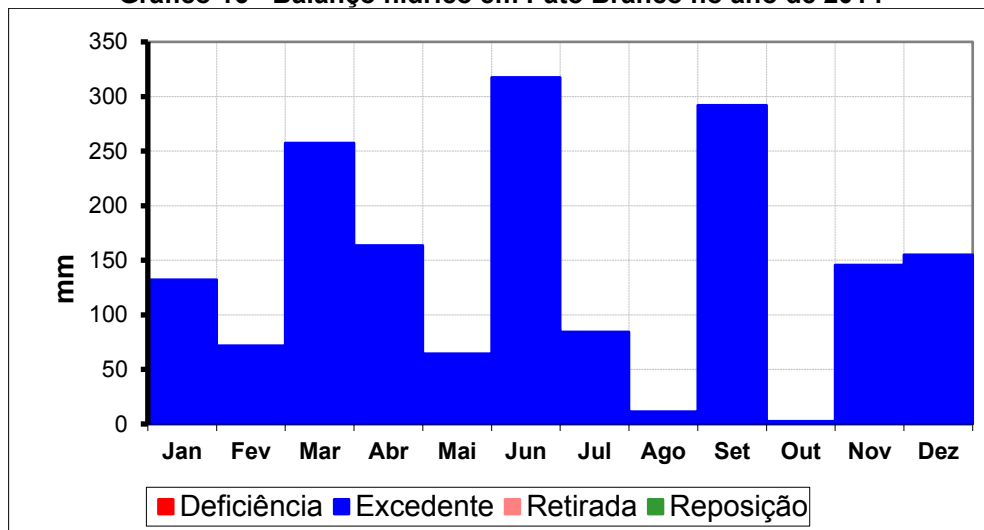
### 5.3 Balanços hídricos de Pato Branco

#### 5.3.1 Análise do balanço hídrico de Pato Branco para a cultura de milho

O milho teve produtividade destaque positivo nas safras de 13/14 e negativo nas safras de 18/19 e 19/20, com um calendário agrícola iniciando com o plantio de setembro a dezembro e com a colheita no ano seguinte nos meses de janeiro a maio. A seguir, é possível analisar o B.H para os anos acima citados.

**Gráfico 15 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2013**

Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 16 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2014**

Fonte: Autoria própria (2022)

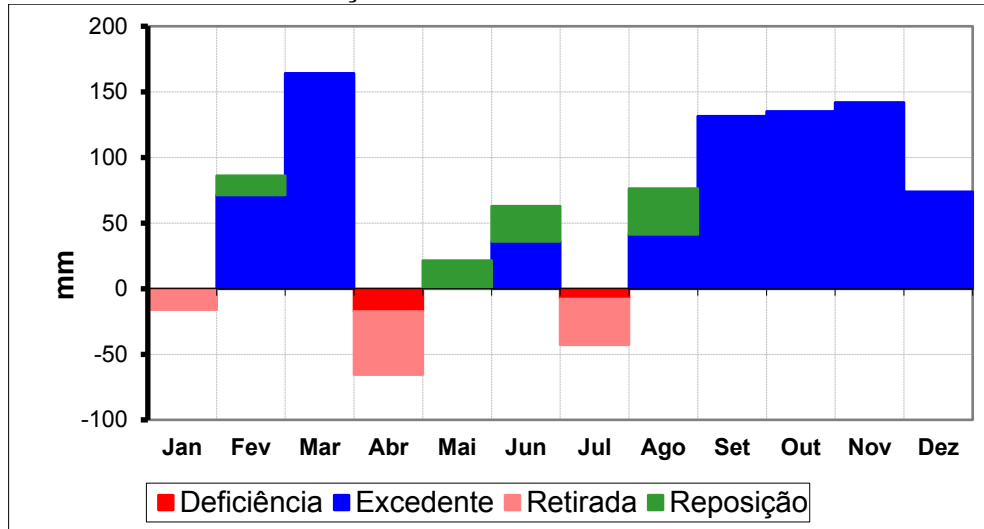
Pode-se concluir que a safra de 13/14 teve uma produtividade destaque positivo (acima da média) motivado em grande parte, pelo volume precipitado, aonde, ao analisar o balanço hídrico representados nos gráficos 15 e 16, é possível verificar que ao longo de todos os meses do calendário agrícola do milho e também aos que antecedem o início do plantio, houve apenas excedente hídrico.

Ao observar a tabela 9, verifica-se que os anos de 2013 e 2014 foram em sua maioria compostos por meses chuvosos ou tendentes a chuvosos, sendo o segundo e terceiro ano com maior volume precipitado da série histórica. Isso reforça a ideia de que um volume precipitado dentro dos exigidos pelas culturas e com uma boa distribuição, auxilia no desenvolvimento e na produção de grãos.



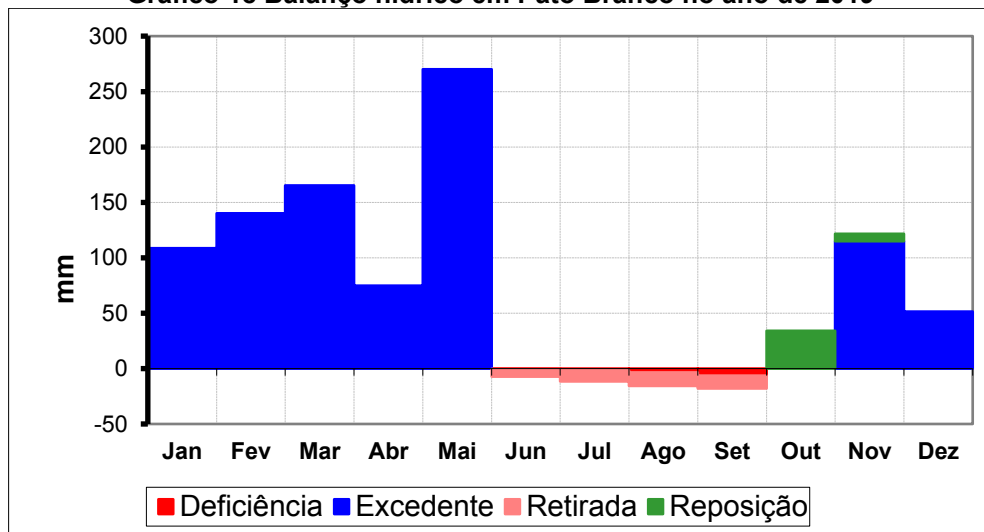
Os gráficos 17, 18 e 19 mostram o balanço hídrico das safras de milho que tiveram produtividade abaixo da média para Pato Branco.

**Gráfico 17 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2018**

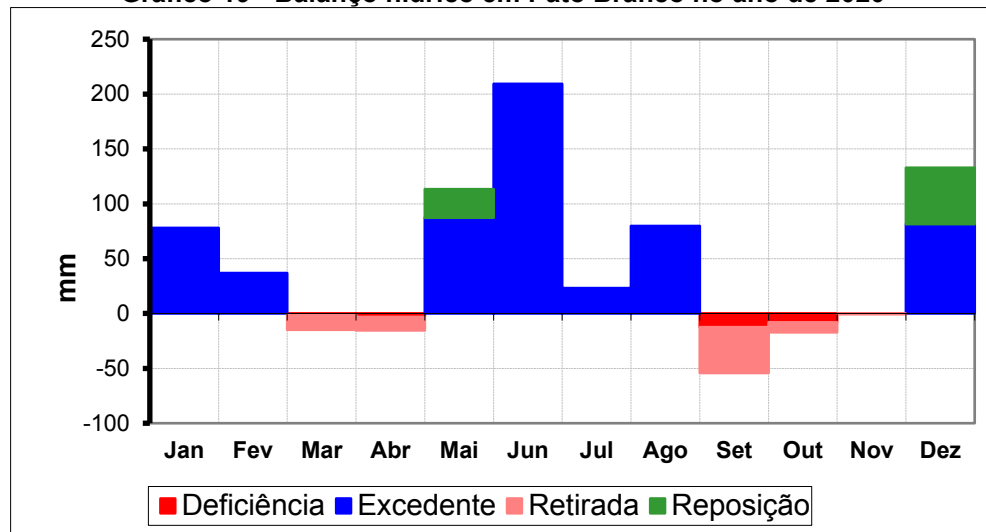


Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 18 Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2019**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 19 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2020**

Fonte: Autoria própria (2022)

Analisando os balanços hídricos do gráfico 17 e 18, nota-se que a safra de 18/19 nos meses do calendário agrícola, não sofreu com deficiência ou retirada de água no solo, apenas com excedente, mesmo que em volumes baixos. Entretanto, mesmo que a partir de setembro não tenha acontecido escassez de água no solo, houve em três meses anteriores ao início do calendário agrícola uma deficiência hídrica que pode ter impactado nessa produtividade, mesmo que tenha acontecido antes do início do plantio. Além disso, a safra de 18/19 foi maior quando comparada com a de 19/20 mesmo que a área e a quantidade colhida tenha sido menor, ou seja, ela foi mais efetiva, como observamos na tabela 3.

Já a safra de 19/20 sofreu com retirada de água do solo, começando em junho e sendo uma situação seguida até setembro (quando inicia-se o calendário agrícola do milho), onde ocorre novamente nos meses de março e abril.

Ao verificar as situações descritas acima, pode-se afirmar que a precipitação pode ter impactado o desenvolvimento dos grãos, em especial da safra de 2019 e 2020, além de mostrar que o que acontece nos meses anteriores ao início do cultivo, também irá influenciar na quantidade colhida.

### 5.3.2 Análise do balanço hídrico de Pato Branco para a cultura da soja

A soja teve produtividade destaque positivo na safra de 19/20 e negativo na safra de 13/14, com um calendário agrícola iniciando, assim como o milho, com o plantio de setembro a dezembro e com a colheita no ano seguinte nos meses de janeiro a maio. A seguir, é analisado o B.H para os anos acima citados.

Os gráficos 18 e 19 mostram o balanço hídrico para os anos de 2019 e 2020. Mesmo com retiradas de água do solo, por a soja necessitar de 450 milímetros mínimos para se desenvolver, ela conseguiu uma produtividade acima da média, enquanto que o milho para a mesma safra, foi destaque negativo (abaixo da média), e isso pode ser explicado devido aos 600 milímetros que essa cultura necessita.

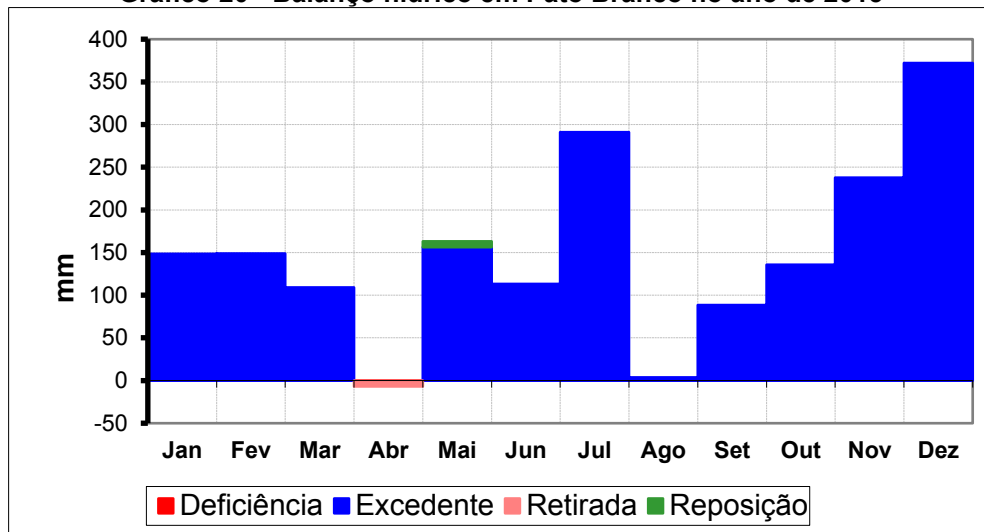
Os gráficos 15 e 16 mostram o B.H para a safra de 13/14, cuja a produtividade ficou abaixo da média. Ao observá-los, nota-se que foi anos chuvosos e tendentes a chuvosos (conforme mostra a tabela 9), portanto, nesse caso, a chuva em excesso foi a responsável pela baixa produtividade, provavelmente devido ao lixiviamento do solo e por consequência, perda de grãos.

### **5.3.3 Análise do balanço hídrico de Pato Branco para a cultura do trigo**

O trigo teve produtividade destaque positivo na safra de 15/16 e negativo nas safras de 14/15 e 17/18, com um calendário agrícola iniciando com o plantio de abril a julho e com a colheita nos meses de agosto a dezembro. Para analisar os balanços hídricos das safras, o critério foi o mesmo do item 6.3.3, ou seja, foi analisado os anos de 2015 (positivo), 2014 e 2017 (negativos).

O gráfico 20 mostra o balanço hídrico para o ano de 2015, onde é possível verificar que o primeiro mês do plantio sofre com uma retirada de água do solo, porém já é repostado em maio e a partir deste, houve somente excedente hídrico, o que é um fator importante para que a cultura tenha se desenvolvido de forma a se tornar destaque com uma produtividade acima da média.

Gráfico 20 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2015

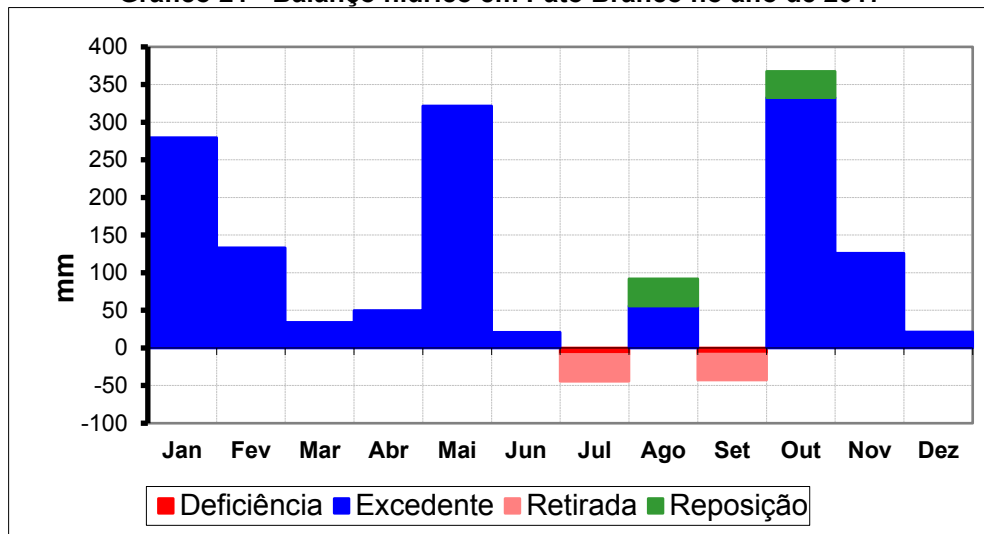


Fonte: Autoria própria (2022)

O gráfico 16 mostra o balanço hídrico para o ano de 2014, ano em que a safra foi abaixo da média. Um provável fator que levou a isso, foi a precipitação em excesso, tendo meses tendendo a chuvosos e chuvosos, em sua maioria. Mesmo com meses tendentes a seco, o volume precipitado foram elevados, o que acabou prejudicando o desenvolvimento da cultura que talvez tenha vindo a sofrer com uma lixiviação, uma vez que os volumes de água para o trigo são entre 55 a 120 milímetros por mês.

O gráfico 21, abaixo, mostra o B.H para o ano de 2017, ano em que a produtividade ficou abaixo da média. É possível verificar que a cultura foi exposta a deficiência, excedente, retirada e reposição de água no solo, enquanto se desenvolvia. Observando a tabela 9 nota-se que esse ano foi irregular em questão desta precipitação, com meses chuvosos, tendentes a chuvosos, tendentes a secos e secos, com alguns meses com chuva em volumes habituais. Esses fatores talvez tenham sido os que influenciaram na produtividade devido a volumes ou muito baixos ou elevados de precipitação e sua distribuição irregular.

Gráfico 21 - Balanço hídrico em Pato Branco no ano de 2017



Fonte: Autoria própria (2022)

Tanto em Francisco Beltrão quanto em Pato Branco, foi registrado uma produtividade abaixo da média para a safra da soja em 13/14. Em relação a produtividade acima da média, o mesmo grão foi destaque na safra de 19/20, além também do mesmo ter acontecido para o milho em 13/14 e para o trigo em 15/16.

Nota-se que os meses dos anos acima são classificados em sua maioria como chuvosos ou tendentes a seco, o que contribui mais uma vez para a afirmação de que a precipitação influencia na produtividade agrícola.

Ao longo dos oito anos da série histórica estudada, as culturas que se iniciaram em setembro no município de Pato Branco presenciaram apenas em 2015 e 2016, volumes habituais de precipitação, enquanto que em Francisco Beltrão esse fator aconteceu, além dos anos acima, também em 2012 e 2018.

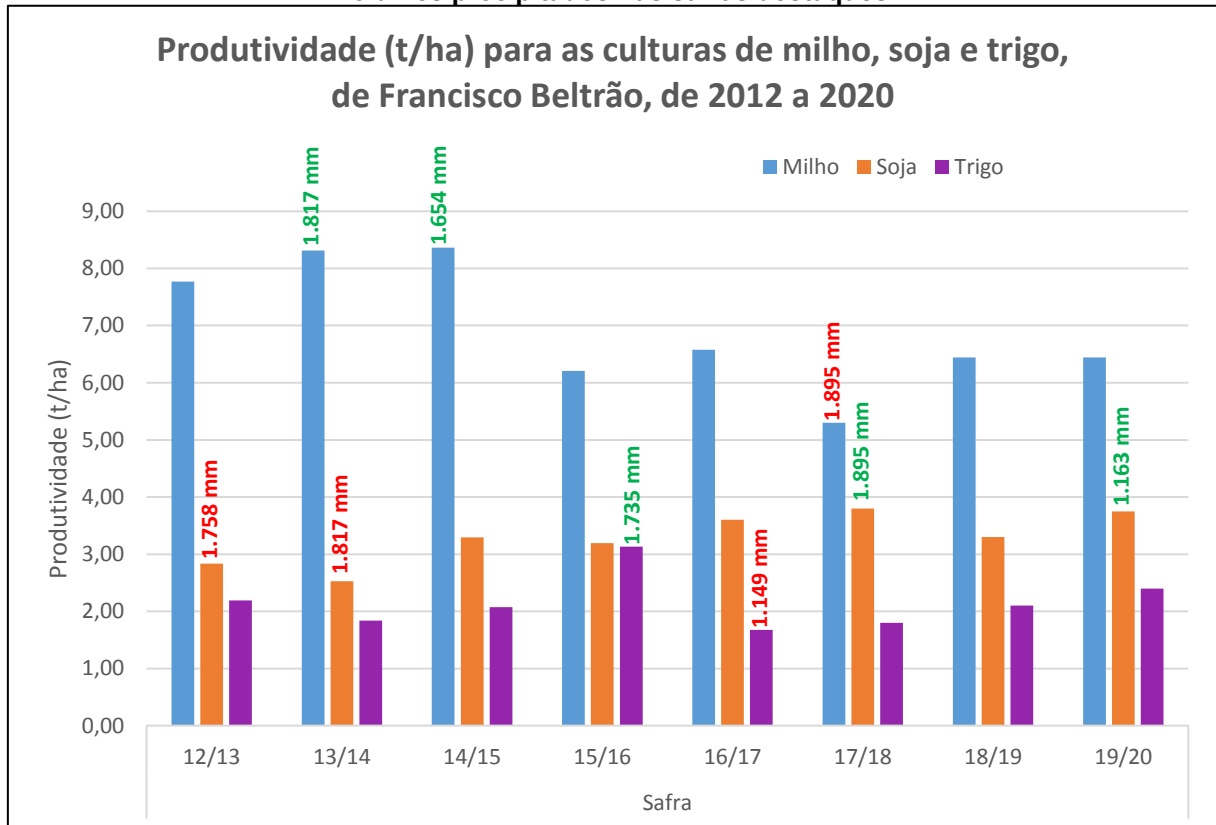
Entretanto, para a cultura do trigo em Francisco Beltrão, não há uma distribuição regular de precipitação, com os meses variando entre chuvosos, habituais e tendentes a secos, em sua maioria. Já para Pato Branco, abril é um mês com precipitações habituais, raramente presenciando a classificação de seco e tendente a seco.

Devido a essa irregularidade é de grande importância que os agricultores e todos àqueles que tem na agricultura a forma de sobrevivência, estejam atentos as recomendações dos órgãos responsáveis sobre recomendações de plantio e colheita, visando que não se tenha perda de grãos devido a esse fator climático ou da formação do fenômeno La Niña que também pode aumentar os volumes precipitados no sul do Brasil, região aonde se encontra ambos os municípios.

## 5.4 SÍNTESE

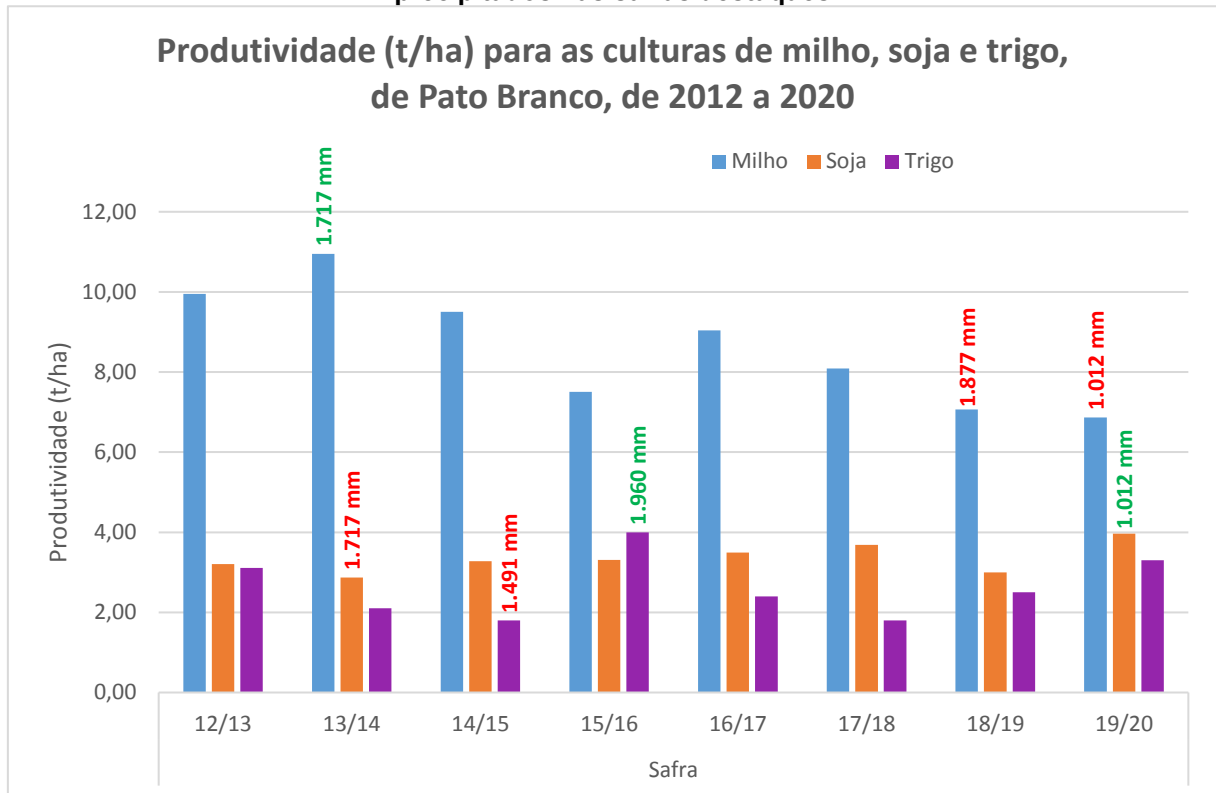
A fim de ilustrar os resultados de maneira mais sucinta, os gráficos 22 e 23 mostram os valores acumulados de precipitação somente para os meses dos calendários agrícolas das culturas estudadas, para os anos de produtividade destaque.

**Gráfico 22 - Produtividade do milho, soja e trigo para o município de Francisco Beltrão e os volumes precipitados nas safras destaques**



Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 23 - Produtividade do milho, soja e trigo para o município de Pato Branco e os volumes precipitados nas safras destaques**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Como citado anteriormente, é necessário verificar como a água se comportou no solo e não analisar somente o acumulado precipitado principalmente para os meses do calendário agrícola, pois isso pode gerar uma interpretação errada do que de fato aconteceu.

Nota-se que em Francisco Beltrão, na safra de 17/18, e Pato Branco, na safra de 18/19, a cultura do milho foi destaque negativo mesmo que sua precipitação tenha sido de maior volume no acumulado de setembro a maio. Um dos fatores que pode ter influenciado numa produtividade abaixo da média foi a quantidade de água fornecida à planta acima do que ela consegue absorver e também ocupando todos os macro e microporos do solo, fazendo com que a água provocasse lixiviação e levasse as sementes embora, além de poder ter feito com que as raízes apodrecessem.

Já a soja, ao observar o gráfico 22, percebe-se que o maior e menor volume precipitado ocorreram nas safras de produtividade acima da média. Portanto, ressalta-se mais uma vez a importância de analisar o comportamento do balanço hídrico para entender o que influenciou para que os grãos se desenvolvessem melhor nesses anos.

Em Pato Branco, a cultura de soja registrou o menor volume de precipitação e levou a uma produtividade destaque positivo na safra de 19/20, enquanto que a safra de 13/14 registrou uma produtividade abaixo da média, podendo ser explicado por uma quantidade em excesso de chuva.

O trigo teve produtividade destaque acima da média na safra de 15/16 e com um maior volume de precipitação quando comparado com a safra de 16/17, na qual ocorreu uma produtividade destaque abaixo da média (gráfico 22).

Em Pato Branco, a safra do trigo de 15/16 também foi destaque acima da média, mesmo com um volume de precipitação em torno dos 2.000 milímetros. A safra de 14/15 registrou um volume de precipitação em torno dos 1.500 milímetros, com uma produtividade abaixo da média. Mesmo com volumes “próximos” de precipitação, deve-se levar em consideração como a água se comportou no solo nos anos acima citados.

Portanto, pode-se dizer que mesmo em municípios vizinhos da região sudoeste e com volumes precipitados semelhantes, a produtividade do milho, soja e trigo podem ser diferente. Isso pode ser motivado devido ao uso do solo e as técnicas de manejo utilizadas pelos agricultores para realizar o plantio desses grãos.



## 6 CONCLUSÕES

É visível que o comportamento do clima afeta a agricultura em escalas nacionais e internacionais. Com esse trabalho foi possível comprovar a afirmação que de fato, a precipitação é um desses elementos climáticos que tem elevada significância no desenvolvimento de uma cultura, afetando-a quanti e qualitativamente e também em escalas municipais e regionais.

Em anos aonde seus meses foram secos ou chuvosos em excesso, a produtividade foi baixa, independente de se ter uma estabilidade nos meses do calendário agrícola da cultura. Em caso de secas as culturas não conseguem se desenvolver adequadamente devido à falta de um recurso fundamental para sua germinação, e em volumes precipitados superiores ao mínimo necessário e quando o solo não consegue absorve-lo, pode acontecer uma morte precoce dos grãos, lixiviação e erosão desse recurso natural, provocando perdas de recursos investidos pelos agricultores.

Algumas safras apresentaram produtividade destaque em ambos os municípios, o que pode significar que foram expostas a níveis de precipitações bastante semelhantes, em especial devido a aproximação regional existente entre os municípios estudados.

De acordo com os dados estudados, as ocorrências de eventos extremos de precipitação estão se tornando mais comuns. Em Pato Branco, a partir de 2017, todos os anos até 2020 tiveram meses classificados como secos, com volumes precipitados diminuindo ano após ano. O mesmo cenário foi visto em Francisco Beltrão, porém com a redução dos volumes precipitados já a partir de 2014.

Conclui-se que o calendário agrícola é adequado para as condições climáticas que a região sudoeste vem sendo exposta ao longo dos anos. Mesmo com algumas safras sendo prejudicadas por volumes de precipitação em excesso ou falta da mesma, é um fator que depende de muitas variáveis e é indeterminado para previsões futuras, o que dificulta qualquer adaptação do calendário das culturas de milho, soja e trigo.

## REFERÊNCIAS

- AGUILA, L. S. H. et al. **Época de Semeadura para a Cultura da soja: Produtividade em Áreas de Cultivo de 3 Arroz Irrigado**. Pelotas: Embrapa, 2018. ISSN 1516-8832.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO – ABITRIGO. **O triticulor e o mercado**. São Paulo, jul. 2011. Disponível em: [https://www.abitrigo.com.br/wp-content/uploads/2019/08/cartilha\\_triticulor.pdf](https://www.abitrigo.com.br/wp-content/uploads/2019/08/cartilha_triticulor.pdf). Acesso em: 01 mai. 2022.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HAPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Grupo A, 2009. ISBN 9788536309545.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Fisiologia do milho**. Minas Gerais: Mapa, dez. 2002. ISSN 1679-1150.
- BURANELLO, R. **Manual do direito do agronegócio**. Editora Saraiva, 2018. ISBN 9788553600120.
- CAMARGO, M. B. P.; CAMARGO, A. P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. **Bragantia**. Campinas, v. 52, n. 2, p. 169-172, 1993.
- CAPORAL, F. R.; PAULUS, G.; CASTOBEBER, J. A. **Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade**. Brasília, 2009. ISBN 978-85-60548-38-5.
- CAIXETA, K. F. et al. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: **Perda de nutrientes por lixiviação em Latossolo cultivado com diferentes híbridos de meloeiro sob ambiente protegido**. Natal, 2015.
- CARDOSO, J. L. N. et al. Influência da precipitação pluviométrica na produção de milho (*Zea mays*) no município de Parambu-CE. In: **CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA**, 2017, Belém.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **A cultura do trigo**. Brasília, DF, p. 218, 2017b. ISBN 978-85-62223-09-9.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF, v. 8, n. 12, p. 98, set. 2021b. ISSN: 2318-6852.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **A produtividade da soja: análise e perspectiva**. Brasília, DF, v. 10, p. 35, p. 1-35, 2017a. ISSN: 2448-3710.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Boletim da Agricultura Familiar**. Brasília, DF, v. 1, n.1, p. 34, jul. 2021a. ISSN: 2763-7786.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil**. Brasília, DF, p. 76, 2020. ISSN: 2318-6852.

COSTA, N. L. et al. **Desenvolvimento tecnológico, produtividade do trabalho e expansão da cadeia produtiva da soja na Amazônia Legal**. 1. ed. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, 2014.

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE – ETENE. **Milho: produção e mercados**. Fortaleza, v. 6, n. 182, ago. 2021a. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/910/1/2021\\_CDS\\_182.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/910/1/2021_CDS_182.pdf). Acesso em: 30 abr. 2022.

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE – ETENE. **Trigo: produção e mercados**. Fortaleza, v. 5, n. 151, jan. 2021b. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/636/3/2021\\_CDS\\_151.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/636/3/2021_CDS_151.pdf). Acesso em: 01 mai. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Balço hídrico segundo Thornthwaite & Mather (1955)**. Pernambuco, 1989. 34 n. 18 p. ISSN 0100-6061.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 356 p. ISBN 978-85-85771-51-5.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Aspectos geoespaciais da produção de trigo**. Campinas, 2013. 24 p. ISSN 0103-7811.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA SOJA. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p. ISSN 2176-2937.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p. ISBN 978-85-7035-799-1.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2): Milho – caracterização e desafios tecnológicos.** Brasília, DF, p. 45, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em 29 abr. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA MILHO E SORGO. **Cultivo do milho.** Minas Gerais, ed. 6, p. 10, set. 2010. ISSN 1679-012X.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF, p. 308, 2016. ISBN 978-85-7035-549-2.

FARIAS; J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja.** Embrapa: Londrina, 2007. 9 p. ISSN 1516-7860.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2021.** Roma, 2021. 240 p. ISBN 978-92-5-134325-8.

FREITAS, L. et al. Atributos químicos de Latossolo Vermelho submetido a diferentes manejos. **Revista Floresta.** Curitiba, v. 45, n. 2, p. 229-240, abr./jun. 2015. ISSN 1982-4688.

GIRALDELLO, F. et al. A agroindústria familiar na microrregião de Francisco Beltrão (PR). **Revista FAE.** Curitiba, v. 16, n. 1, p. 162 - 177, jan./jun. 2013.

GOSSETT, D. R. Agriculture Industry. **Salem Press Encyclopedia of Science**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89474547&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 24 abr. 2022.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Caderno estatístico município de Francisco Beltrão.** Curitiba, 2022b. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=85600>&gt;. Acesso em: 20 jul. 2022.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Caderno estatístico município de Pato Branco.** Curitiba, 2022c. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=85500>&btOk=ok. Acesso em: 20 jul. 2022.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Nota técnica IPARDES número 16:** Ruralidade, agricultura familiar e desenvolvimento. Curitiba, 2010. Disponível em:

[https://www.ipardes.pr.gov.br/sites/ipardes/arquivos\\_restritos/files/documento/2019-09/NT\\_16\\_ruralidade\\_agric\\_familiar\\_desenv\\_2010.pdf](https://www.ipardes.pr.gov.br/sites/ipardes/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/NT_16_ruralidade_agric_familiar_desenv_2010.pdf). Acesso em: 24 abr. 2022.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Paraná em números.** Curitiba, 2022. Disponível em:

<https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Parana-em-Numeros>. Acesso em: 28 abr. 2022a.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. – IPEA. **2. Fome Zero e Agricultura Sustentável.** Brasil, 2019. Disponível em:

<https://www.ipea.gov.br/ods/ods2.html#:~:text=At%C3%A9%202030%2C%20acabar%20com%20a,suficientes%20durante%20todo%20o%20ano>. Acesso em: 24 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Paraná – Cidades e Estados. **gov.br.** Brasil, 2021. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr.html>. Acesso em: 28 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Francisco Beltrão – Cidades e Estados. **gov.br.** Brasil, 2021. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/francisco-beltrao.html>. Acesso em: 28 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pato Branco – Cidades e Estados. **gov.br.** Brasil, 2021. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/pato-branco.html>. Acesso em: 28 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.

**Levantamento sistemático da produção agrícola estatística da produção agrícola.** Brasil, 2020. Disponível em:

[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2020\\_nov.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2020_nov.pdf). Acesso em: 30 abr. 2022.

JESUS, J. B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju-SE. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, 2015.

LICHTENBERG, E. Agriculture and the environment. **Handbook of Agricultural Economics**, v. 2, p. 1249–1313, 2002.

LOPES, J. R. F.; DANTAS, M. P.; FERREIRA, F. E. P. Identificação da influência da pluviometria no rendimento do milho no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v.13, n. 5, p. 3610-3618, 2019. ISSN 1982-7679.

LOWDER, S. K.; SÁNCHEZ, M. V.; BERTINI, R. Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? **World Development**, v. 142, p. 1-15, jun. 2021, 105455.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. Cengage Learning Brasil, 2012. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522112678/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

MANOSSO, F. C. A produtividade de soja, trigo e milho e suas relações com a precipitação pluviométrica no município de Apucarana-PR no período de 1968 a 2002. **Revista do Departamento de Geociências**. Londrina, v. 14, n. 1, jan./jun. 2005. ISSN 0102-3888.

NETO, R. G. **Segurança alimentar: da produção agrária à proteção do consumidor**. Editora Saraiva, 2012. ISBN 9788502190023.

NOGUEIRA, S. S. S.; NAGAI, V. Deficiência hídrica simulada nos diferentes estádios de desenvolvimento de uma cultura precoce de soja. **Bragantia**. Campinas, v. 47, n. 1, p. 9-14, 1988.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**. Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE FRANCISCO BELTRÃO. **Aspectos socioeconômicos**. Secretaria Municipal de Planejamento, p. 87-133, 2017.

PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO PATO BRANCO 2030. **Revisão e atualização**. Pato Branco, p. 1-419, 2020.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Água e Sustentabilidade no Sistema Solo-planta-atmosfera**. Editora Manole, 2016. ISBN 9788520446805. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520446805/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

SANCHES, A.; ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. C. Oferta e demanda mensal de milho no Brasil Impactos da segunda safra. **Revista de Política Agrícola**, v. 27, n. 4, p. 73-97. 2018. ISSN 1413-4969.

SANTOS, D. et al. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.8, p.836–842, 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ - SEAB. Valor Bruto da Produção 2020. **Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná**, Paraná, p. 60, 2021. Disponível em: [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2021-12/VBP%202020.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-12/VBP%202020.pdf). Acesso em: 28 abr. 2022.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ: DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL – DERAL. **Levantamento da Produção Agropecuária: produção agrícola por município**. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SILVA, D. F.; PRELA-PANTANO, A.; SANT' ANNA NETO, J. L. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do Médio Paranapanema, SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, p. 101-116, 2008.

SILVA, L. E. B. et al. Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**. Alagoas, v. 5, n. 3, p. 1636-1657, jul./set. 2020. ISSN 2525-5215.

SILVA, W. T. C.; BARBOSA, H. A. Avaliação da precipitação na produtividade agrícola da cana-de-açúcar: estudo de caso usina Coruripe para as safras de 2000/2005. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n. 3, p. 1352-1366. 2021. ISSN 1984-2295.

SISTEMA NACIONAL DE CADASTRO RURAL – SNCR. **Consulta pública de imóveis**. 2022. Disponível em: <https://sn-cr.serpro.gov.br/sncr-web/consultaPublica.jsf?windowId=17f>. Acesso em: 20 jul. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p. ISBN 978-85-8271-367-9.

TAKIGAWA, T.; NOGUCHI, R.; AHAMED, T. **Sustainability : Integrating Agriculture, Environment, and Renewable Energy for Food Security**. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, Inc, 2015. ISBN 9781631177026.

Disponível em:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=986678&lang=pt-br&site=ehost-live>. Acesso em: 13 jul. 2022.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J.R. The water balance climatology. **Centerion**, v.8, nº. 1, p.1-86.1955.

TUNDIZI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil**: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 78 p. ISBN 978-85-85761-36-3.

UNICEF. Fundo das Nações Unidas para a Infância. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. Brasil, 2022. Disponível em:

<https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 23 abr. 2022.