

OS PRODUTORES EFICIENTES SÃO SUSTENTÁVEIS? ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE BATATA

Are efficient producers sustainable? Potato production analysis

¿Son sostenibles los productores eficientes? Análisis de producción de papa

DOI: 10.48075/igepec.v27i2.30543

Gilson Rogério Marcomini

OS PRODUTORES EFICIENTES SÃO SUSTENTÁVEIS? ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE BATATA

Are efficient producers sustainable? Potato production analysis

¿Son sostenibles los productores eficientes? Análisis de producción de papa

Gilson Rogério Marcomini

Resumo: A produção mundial de batata foi superior a 368 milhões de toneladas e a produção brasileira a 22^a maior do mundo em 2020, se desenvolvendo principalmente em Minas Gerais, São Paulo e Paraná, que respondem por 74% da produção, toda destinada para o mercado interno. O mercado de batata é instável e regulado pela sazonalidade da oferta e demanda do produto, com incertezas em relação aos preços. O objetivo desta pesquisa foi analisar os indicadores de sustentabilidade na produção de batata dos dez produtores mais eficientes (apresentam indicadores de eficiência acima de 90%) e verificar se esses produtores são sustentáveis. Para mensurar a eficiência técnica adotou-se o modelo paramétrico meio-normal com heteroscedasticidade, além de efetuar a mensuração dos indicadores de sustentabilidade das empresas produtoras de batata através da metodologia de “Metas do Desenvolvimento Sustentável (MDS)” propostas pela ONU. Foram coletadas e analisadas informações primárias em uma amostra significativa de 50 produtores de batata na mesorregião geográfica de Campinas, SP. Os produtores mais eficientes economicamente em custos e lucros apresentaram níveis de sustentabilidade adequados.

Palavras-chave: Sustentável. Mercado. Eficientes. Gestão. Agronegócio.

Abstract: World potato production was over 368 million tons and Brazilian production was the 22nd largest in the world in 2020, mainly in Minas Gerais, São Paulo, and Paraná, which account for 74% of production, all destined for the domestic market. The potato market is unstable and regulated by the seasonality of supply and demand for the product, about uncertainties regarding prices. The aim of this research was to analyze the sustainability indicators in potato production of the ten most efficient producers (with efficiency indicators above 90%) and to verify if these producers are sustainable. To measure the technical efficiency, the half-normal parametric model with heteroscedasticity was adopted, in addition to measuring the sustainability indicators of the potato producing companies through the methodology of “Sustainable Development Goals (SDG)” proposed by the UN. Primary information was collected and analyzed on a significant sample of 50 potato producers in the geographical mesoregion of Campinas, SP. The most economically efficient producers in terms of costs and profits showed adequate levels of sustainability.

Keywords: Sustainable. Marketplace. Eficiente. Management. Agribusiness.

Resumen: La producción mundial de papa superó los 368 millones de toneladas y la producción brasileña fue la 22^a más grande del mundo en 2020, ocurriendo principalmente en Minas Gerais, São Paulo y Paraná, que representan el 74% de la producción, todas destinadas al mercado interno. El mercado de la papa es inestable y está regulado por la estacionalidad de la oferta y la demanda del producto, con incertidumbres en cuanto a los precios. El objetivo de esta investigación fue analizar los indicadores de sustentabilidad en la producción de papa de los diez productores más eficientes (con indicadores de eficiencia superiores al 90%) y verificar si estos productores son sustentables. Para medir la eficiencia técnica se adoptó el modelo paramétrico seminormal con heterocedasticidad, además de medir los indicadores de sostenibilidad de las empresas productoras de papa a través de la metodología de “Objetivos de Desarrollo Sostenible (MDS)” propuesta por la ONU. La información primaria fue recolectada y analizada en una muestra significativa de 50 productores de papa en la mesorregión geográfica de Campinas, SP. Los productores económicamente más eficientes en términos de costos y utilidades mostraron niveles adecuados de sustentabilidad.

Palabras clave: Sostenible. Mercado. Eficiente. Administración. Agroindustria.

INTRODUÇÃO

A batata é uma planta dicotiledônea, herbácea e anual, com origem citada na Cordilheira dos Andes, entre o Peru e o Chile. É uma planta muito consumida mundialmente e a parte comercial consta dos tubérculos que são formados no solo, sendo propagada através de batatas-sementes, que constam de tubérculos produzidos para essa finalidade (diferentes dos tubérculos que são comercializados e consumidos).

A cultura da batata prefere temperaturas amenas, principalmente na fase de crescimento e tuberização, sendo que as melhores produções ocorrem com temperaturas ao redor de 10°C e 22°C, principalmente na fase de tuberização. Também exige que o solo seja preparado para o plantio, e esse preparo consta de atividades de aração e gradagem, para a construção de leiras, que exige que o solo esteja solto e livre de torrões. Desse modo, é essencial que os produtores realizem práticas conservacionistas do solo, como plantio em nível ou em terraços e o preparo mínimo do solo, preferencialmente próximo ao momento do plantio, para evitar-se os processos erosivos (BOULOMYTIS e BRESAOLA JUNIOR, 2013).

A batata é a quinta cultura de maior produção no mundo, superando soja, mandioca, beterraba e tomate, entre outras. Em 2018 sua produção mundial foi superior a 368 milhões de toneladas, colhidos em 17,58 milhões de hectares, com uma produtividade média de 20,94 toneladas por hectare. Esse volume é menor que a produção de cana de açúcar (1.907 milhões de toneladas em 26 milhões de hectares cultivados), de milho (1.148 milhões de toneladas em 194 milhões de hectares) e de arroz e trigo (produções de 782 e 734 milhões de toneladas, em 167 e 214 milhões de hectares cultivados, respectivamente) (FAOSTAT, 2022). Os maiores produtores mundiais são China, com 90,32 milhões de toneladas em 4,81 milhões de hectares e a Índia com produção de 48,52 milhões de toneladas em 2,15 milhões de hectares. O Brasil é o 21º produtor mundial, com produção de 3,68 milhões de toneladas em 118 mil hectares em 2019 (FAOSTAT, 2022).

Vários estados produzem batata no Brasil, com destaque para Minas Gerais, Paraná e São Paulo, responsáveis por 74% da produção nacional na safra 2019.

O mercado de batata é instável e regulado pela sazonalidade da oferta e da demanda do produto durante o ano, com grandes incertezas em relação aos preços recebidos (GARCÍA-SALAZAR, SKAGGS e CRAWFORD, 2014). Essa situação resulta na oscilação dos preços ano a ano, pois em anos nos quais existe maior oferta do produto os preços são menores, fato que força a saída de muitos produtores da atividade. Como consequência, no ano seguinte a oferta de batata no mercado é menor, levando a um aumento nos preços (RAMOS, 2003).

A respeito dos preços recebidos pelos produtores de batata existe uma relação inversa entre oferta doméstica e preços, uma vez que toda a produção é consumida domesticamente. Geralmente, os preços são definidos no mercado varejista atendendo ao comportamento do mercado consumidor, e esses preços se transmitem ao longo da cadeia de valor até chegar ao produtor, principalmente pela característica de concorrência monopolística (concorrência perfeita em determinados momentos). Porém, no Brasil hipoteticamente os preços se definem no atacado, que é o elo da cadeia produtiva da batata que concentra o maior volume da produção ao longo do ano, e que ocupa posição estratégica nessa cadeia, visto que é a única opção para a comercialização dos produtores que atuam no mercado físico (Spot), e que na grande maioria dos casos não possuem nenhum outro canal de comercialização da produção.

Além da situação incerta dos preços pagos ao produtor, a produção de batata no estado de São Paulo também enfrenta o problema de custos totais elevados ao longo do tempo (média móvel deflacionada acima de R\$ 38 mil por hectare no período de 2009 a 2019)(CEPEA, 2022).

Esse cenário de baixo rendimento médio da produção, incerteza nos preços recebidos pelos produtores, custos elevados e lucratividade incerta evidencia características de ineficiência na produção de batata no estado de São Paulo. O diagnóstico da eficiência técnica e econômica, como também de seus determinantes, permite propor ações estratégicas utilizando de forma coerente os recursos produtivos, ao menor custo possível, possibilitando aumento na produção por área cultivada, redução nos custos totais e uma melhoria geral nos resultados (MURALI e PRATHAP, 2017; PRASANNA e LAKMALI, 2016; SHAVGULIDZE, BEDOSHVILI e AURBACHER, 2017).

A eficiência de uma empresa rural é obtida pela premissa do uso de certa quantidade de recursos com o menor custo possível dos recursos diante da produção e com o objetivo de alcançar a maior produção possível (MAURICE, JOSEPH e GARBA, 2015). Produtores ineficientes utilizam maiores quantidades de insumos para a obtenção da mesma medida de produção, fato que poderia gerar economia de recursos financeiros e, conseqüentemente, redução de custos de produção (MARDANI e SALARPOUR, 2015).

No entanto, a busca de soluções para os problemas na produção de batata necessita considerar, além dos aspectos da eficiência, também os parâmetros de sustentabilidade, que para De Koeijer et al. (2002) representam a combinação de eficiência ambiental e desempenho econômico, ou seja, se o produtor rural melhorar seus indicadores de eficiência conseguirá atingir os objetivos econômicos e precisa considerar os aspectos ambientais para promover a sustentabilidade.

Baseado nisso, o estudo mensurou a eficiência na produção de batata na mesorregião de Campinas, São Paulo, Brasil, além de analisar o escopo da sustentabilidade na produção agrícola, com a utilização do objetivo nº 2 -Fome Zero e o subitem “Agricultura Sustentável” – FAO/ONU, como metodologia de mensuração da sustentabilidade na produção de batata no estado de São Paulo, além de analisar se os produtores mais eficientes na produção de batata são sustentáveis.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – ASPECTOS GERAIS DA PRODUÇÃO DE BATATA

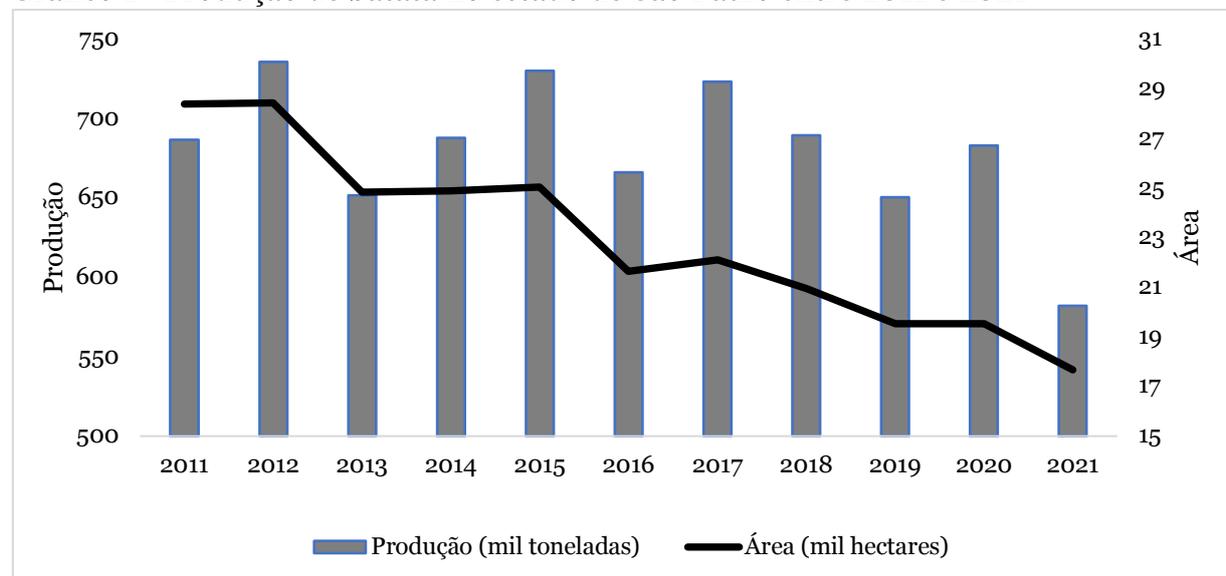
A produção de batata no Brasil ocorre em três safras anuais. A primeira safra, que é chamada de “Batata das Águas”, é plantada por volta de julho e outubro e colhida entre novembro e fevereiro. A segunda safra é chamada de “Batata das Secas”, com plantio em torno de janeiro e março e colheita entre maio e julho, e consta de uma safra que carece do uso de irrigação, principalmente nos plantios tardios (março) e em períodos de “veranicos”, muito comuns nos meses de janeiro e fevereiro no estado de São Paulo. Já a terceira safra é identificada como “Batata de Inverno”, que é plantado em torno de abril e julho e colhido entre julho e outubro. É uma safra que adota a irrigação praticamente em todas as fases da cultura, pois praticamente não chove nesse período, o que proporciona melhor controle de doenças, principalmente pela baixa umidade relativa do ar e temperaturas amenas,

como também mantém a qualidade da colheita, preservando os tubérculos (IBGE, 2022; INMET, 2022).

As maiores produções acontecem na primeira safra (Batata das Águas), o que representa cerca de 46% da produção brasileira nos últimos cinco anos (2015-2019), o que corresponde a 1,75 milhões de toneladas. Igualmente, a segunda safra representa 31% da produção brasileira, com montante aproximado de 1,2 milhões de toneladas, e a terceira safra é responsável por 23% da produção nacional, entregando cerca de 0,9 milhões de toneladas por ano, na média dos últimos cinco anos (2015-2019). Porém, no tocante à área cultivada em cada safra surgem diferenças nesse contexto, pois a primeira safra utiliza cerca de 49% da área cultivada com batata no Brasil, o que corresponde a 61 mil hectares (IBGE, 2022). A segunda safra utiliza 32% da área cultivada com batata no país, o que representa 40 mil hectares e, por fim, a terceira safra adota apenas 19% da área de batata no Brasil, o que equivale a 24 mil hectares. Por essa característica, a terceira safra é a que evidencia o maior rendimento médio da produção, com 36 toneladas por hectare, enquanto a primeira e segunda safras obtêm o rendimento médio de 28,5 e 29,5 toneladas por hectare, respectivamente (IBGE, 2022). Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo realizam as três safras ao longo do ano, nas suas regiões produtoras. Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul não cultivam a safra de inverno, por causa das baixas temperaturas dessa época do ano.

O estado de São Paulo possui duas regiões importantes e distintas de produção de batata, no qual a região de Itapetininga expressa o maior quantitativo de produção na primeira e segunda safras, enquanto na região de Campinas a maior produção acontece na safra de inverno (terceira safra). O montante de produção paulista oscila a cada ano, principalmente em função da área cultivada, no qual pode ser visto no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Produção de batata no estado de São Paulo entre 2011 e 2021



Fonte: elaborado pelo autor, baseado em (IBGE, 2022).

Essa variação na área cultivada ocorre principalmente pelas oscilações nos preços recebidos e nos custos totais de produção. Desse modo, o estado cultivou 28,46 mil hectares no ano de 2011, tendo a produção de 686,17 mil toneladas. No ano 2012, praticamente manteve-se a área cultivada, mas aumentou-se a produção. Nos

anos seguintes ocorreu redução na área cultivada, chegando a 17.670 hectares em 2022. Porém, a dimensão produtiva foi superior a 700 mil toneladas nos anos de 2015 e 2017, como também foi maior que 600 mil toneladas nos anos de 2016, 2018, 2019 e 2020, tendo redução em 2022, para 582 mil toneladas produzidas (IBGE, 2022). Porém, essa redução na área cultivada ao longo dos anos expõe indícios de ineficiência na produção agrícola.

No estado de São Paulo, segundo o IBGE (2022) existem 50 cidades que produzem batata, sendo que dessas, 31 cidades produzem na primeira safra, 28 cidades produzem na segunda safra e 17 cidades na terceira safra. No entanto, das 50 cidades, apenas 18 produzem acima que 10.000 toneladas por ano. As características dessas 18 cidades estão detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Cidades produtoras de batata no estado de São Paulo (média de produção e área cultivada entre 2011 e 2019)

Média 2011-2019	Produção (toneladas)				Área (hectares)		
	UPAs	1ª safra	2ª safra	3ª safra	1ª safra	2ª safra	3ª safra
Casa Branca	77	-	-	110.250	-	-	3.550
Itapeva	9	23.663	27.667	26.633	825	867	850
Paranapanema	16	50.000	11.313	12.781	2.000	469	486
Itapetininga	18	32.473	31.838	9.450	1.188	945	270
Itaí	2	24.188	21.000	15.000	1.000	900	600
Itobi	35	18.000	-	20.920	600	-	704
Taquarivaí	3	15.375	20.463	-	442	508	-
Aguai	21	8.162	-	27.080	347	372	495
São M. Arcanjo	40	17.363	17.449	-	538	569	-
Mococa	9	-	-	30.319	-	500	488
Porto Ferreira	18	-	12.500	12.713	-	500	472
Divinolândia	204	8.143	-	14.206	314	250	238
Capão Bonito	9	4.670	11.038	-	207	296	-
Buri	6	4.024	8.475	-	151	283	-
Ibiúna	68	6.800	3.236	2.186	400	150	100
São João B. Vista	32	1.449	-	9.572	60	149	200
Itaberá	2	7.068	2.800	-	379	100	-

Fonte: elaborado pelo autor, baseado em SÃO PAULO (Estado) (2019).

Das 18 cidades selecionadas, 08 delas estão na região de Campinas (Casa Branca, Vargem Grande do Sul, Itobi, Aguai, Mococa, Porto Ferreira, Divinolândia e São João da Boa Vista) e 10 cidades na região de Itapetininga (Itapeva,

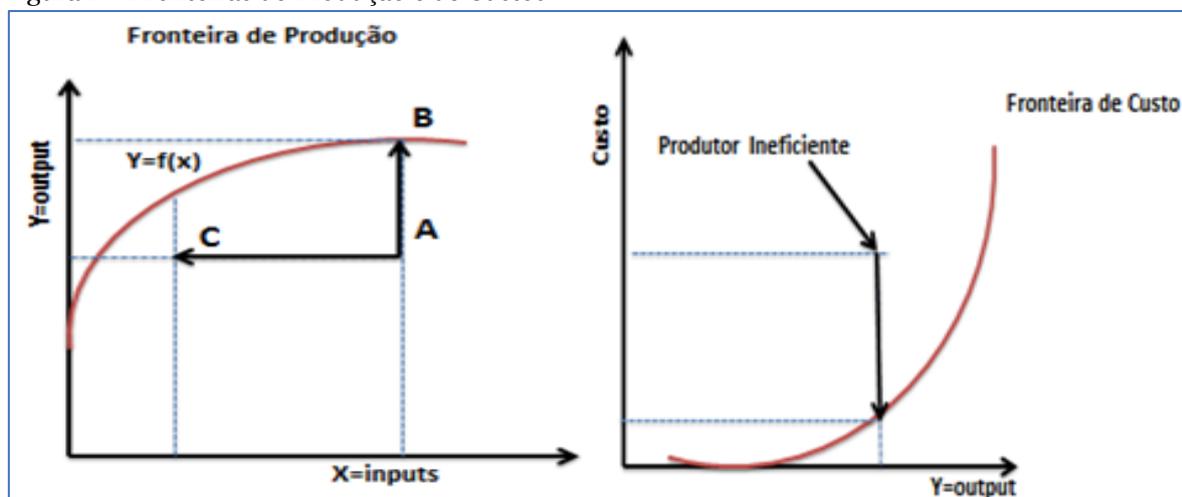
Paranapanema, Itapetininga, Itaí, Taquarivaí, São Miguel Arcanjo, Capão Bonito, Buri, Ibiúna e Itaberá). A cidade de Casa Branca é o destaque produtivo no estado, com 77 estabelecimentos produtivos, cultivo de 3.550 hectares e produção além de 110 mil toneladas por ano somente na terceira safra.

2.2 – A EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A eficiência de uma empresa rural é obtida através de seu desempenho na utilização dos recursos que se dispõe (BHENDE; KALIRAJAN, 2007). Para se avaliar a eficiência de uma empresa rural utiliza-se a premissa de utilização de certa quantidade de recursos (eficiência técnica) com o menor custo possível (eficiência de custo), com o objetivo de alcançar a maior produção possível (MAURICE,; JOSEPH; GARBA, 2015). Diante disso, a eficiência das empresas rurais pode ser diagnosticada através da eficiência técnica, que compreende a maneira como os recursos produtivos (terra, capital, trabalho, tecnologia e insumos) são utilizados e a quantidade de produção que é obtida pelo uso desses recursos (SQUIRES; TABOR, 1991). Também apura-se a eficiência por meio dos indicadores de eficiência de custos, que compreende o fator preço dos recursos utilizados (que exhibe sobre os custos de produção) (SANUSI; ADESOGAN, 2014). Oportunamente também apura-se mediante os percentuais de eficiência de lucros, que visa a maximização dos lucros, considerando-se os preços de venda e a quantidade produzida e preços pagos pelos fatores de produção (KUMBHAKAR; WANG; HORNCastle, 2015).

A teoria das fronteiras de eficiência, desenvolvida a partir dos trabalhos de DEBREU (1951); Farrell (1957) e KOOPMANS (1951) tem a preocupação central de construir fronteiras de eficiência e, a partir destas, calcular/estimar os índices de ineficiência das firmas que não operam sobre as fronteiras (BONATTO et al., 2022). No entanto, existem várias situações que restringem a produção até a chamada fronteira de produção ($y=f(x)$), que consta de uma função que mostra qual é o valor máximo de produção com uma quantidade x de *inputs*. Se um produtor estiver operando na fronteira, ele é considerado tecnicamente eficiente (Figura 1). Diante da tecnologia de produção e dos recursos produtivos disponíveis em sua propriedade rural, esse produtor não tem mais possibilidade de aumentar seu volume de produção. Em contrapartida, os produtores que estiverem operando em algum ponto abaixo da fronteira poderiam aumentar a produção diante da tecnologia e dos recursos disponíveis. Esses produtores, por sua vez, possuem algum nível de ineficiência no processo produtivo (KUMBHAKAR; WANG; HORNCastle, 2015).

Figura 1 – Fronteiras de Produção e de Custos



Fonte: KUMBHAKAR; WANG; HORNCastle (2015).

Uma outra análise da eficiência das firmas é realizada a partir da definição da fronteira de custo. Nesse caso, tem-se o custo total mínimo para cada nível de produção, dados os preços dos fatores de produção (*inputs*) e a tecnologia de produção disponível (KUMBHAKAR; WANG; HORNCastle, 2015). Os produtores ineficientes em custo operam acima da fronteira de custo. Esses produtores, diante dos preços dos insumos, poderiam produzir o mesmo nível de produto com um custo total mais baixo. Produtores totalmente eficientes não têm essa possibilidade e, portanto, operam sobre a fronteira de custo mínimo. Do mesmo modo, os produtores ineficientes em custo se localizam acima da curva da fronteira de custo, e os produtores eficientes estão na fronteira de custo.

2.3 – MENSURAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Para a mensuração dos níveis de sustentabilidade na agricultura, considerou-se os parâmetros da Agenda 2030, através da adoção do indicador 2.4.1 do programa de objetivos sustentáveis da FAO/ONU. Esse indicador considera a proporção de área cultivada com determinada cultura agrícola, ou pecuária, sobre a área total de uma região, ou em estabelecimentos rurais isolados ou agrupados (CHRIST et al., 2022; SILVA; LUCAS; PINTO, 2022). A dimensão do indicador é feito pelo tripé da sustentabilidade, ou seja, consideram-se os aspectos econômicos, sociais e ambientais (FAO/ONU, 2019). A mensuração das informações para o alcance do indicador 2.4.1, utilizado nesse estudo, é baseado em oito temas:

- Valor da Produção
- Lucratividade
- Mecanismos de mitigação de riscos
- Gerenciamento do uso de fertilizantes
- Gerenciamento do uso de defensivos
- Adoção de práticas de agro biodiversidade
- Salários
- Posse da terra (FAO/ONU, 2019).

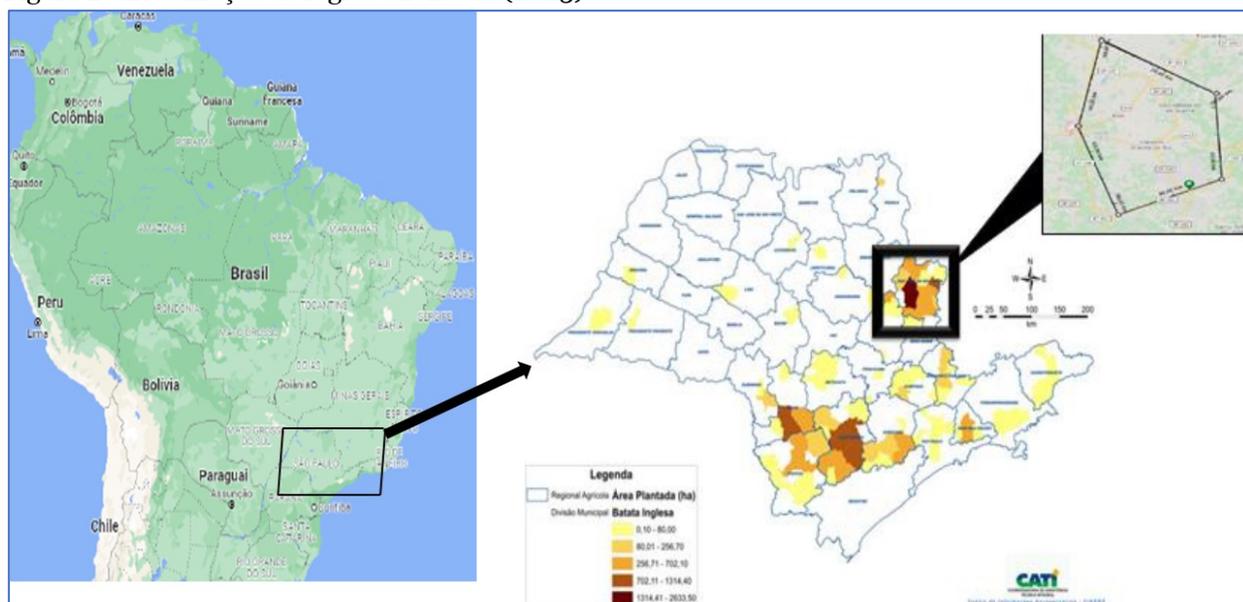
A classificação dos níveis de sustentabilidade é feito de acordo com o atendimento de cada estabelecimento rural aos critérios determinados em cada tema, sendo que há três possibilidades:

- **Verde (desejável):** quando o estabelecimento analisado atende a maior parte dos critérios definidos em cada tema;
- **Amarelo (aceitável):** quando o estabelecimento analisado atende aos critérios mínimos para ser caracterizado sustentável em cada tema;
- **Vermelho (insustentável):** quando o estabelecimento analisado não atende aos critérios mínimos para ser caracterizado sustentável em cada tema (FAO/ONU, 2019).

3 – METODOLOGIA

O estudo mensurou a eficiência na produção de batata na mesorregião de Campinas, São Paulo, Brasil, além de analisar o escopo da sustentabilidade na produção agrícola. como é exposto pela Figura 2.

Figura 2 - Localização da região analisada (2023)



Fonte: elaborado pelo autor, baseado em SÃO PAULO (Estado) (2019).

Foram coletadas informações primárias junto aos produtores, com entrevistas individuais junto a 50 (Cinquenta) agricultores, que somam 5.450 hectares cultivados com batata, no tocante à safra 2018, no qual as cidades localizadas nas extremidades do perímetro demarcado como sendo a região do estudo são: Mococa (21°27'35" Sul, 46°57'43" Oeste); Aguai (22°01'57" Sul, 46°58'05" Oeste); São João da Boa Vista (21°58'00" Sul, 46°47'56" Oeste); Divinolândia (21°39'27" Sul, 46°44'27" Oeste) e Casa Branca (21°46'45" Sul, 47°05'08" Oeste).

Para a apuração dos indicadores de eficiência, a adoção de métodos paramétricos são os mais utilizados, pois baseiam-se em técnicas econométricas e priorizam a estimativa de parâmetros para fronteiras estocásticas (produção ou custo). Assim, nesses modelos de fronteira estocástica é reconhecido o erro aleatório

em torno da fronteira de produção estimada. A função de fronteira estocástica de produção pode ser descrita por Battese e Coelli (1995):

$$Y_{it} = \exp(x_{it} \beta + V_{it} - U_{it}) \quad (1)$$

Em que: Y_{it} denota a produção da t -ésima observação da amostra utilizada ($t = 1, 2, \dots, T$) para i -ésima firma da amostra utilizada ($i = 1, 2, \dots, N$); \exp é uma função de produção que expõe a tecnologia de produção adotada (Cobb-Douglas); x_{it} é um vetor dos valores utilizados de fatores de produção na t -ésima observação para i -ésima firma; β é um vetor dos valores de parâmetros que serão estimados; V_{it} é o termo de erro aleatório, que assume a forma independente e identicamente distribuído (i.d.d.) de U_{it} , que é o termo de erro associado à ineficiência técnica e identicamente distribuído (i.d.d.), sendo alcançado por truncamento da distribuição normal, média $z_{it}\delta$ e variância σ^2 ; z_{it} é o vetor das variáveis determinantes da ineficiência técnica e δ é o vetor dos coeficientes que serão encontrados.

A análise do impacto da ineficiência técnica apropria-se que o output é a variável dependente, no qual busca-se a maximização, e as demais variáveis são os inputs. Nessa análise desconsidera-se os preços dos fatores, adotando apenas as quantidades utilizadas. Para desenvolver o modelo existe a possibilidade de orientação para output quanto para input, no qual essa pesquisa adotou a orientação para o output. Dessa forma, o modelo de fronteira estocástica da produção é descrito do seguinte modo (KUMBHAKAR, WANG e HORNCastle, 2015):

$$\ln y_i = \ln y_i^* - u_i \quad u_i \geq 0 \quad (2)$$

$$\ln y_i^* = f(x_i, \beta) + v_i \quad (3)$$

i = observações das firmas

y_i = output

x_i = vetor $j \times 1$ dos inputs

β = vetor $j \times 1$

v_i = termo de erro

$u_i \geq 0$ = ineficiência da produção

Também pode ser designado através de:

$$\ln y_i = f(x_i, \beta) + \varepsilon_i \quad (4)$$

$$\varepsilon_i = v_i - u_i \quad (5)$$

Em que: ε_i = termo de erro (KUMBHAKAR, WANG e HORNCastle, 2015).

O termo u_i evidencia a diferença de outputs que é perdido em função da ineficiência:

$$u_i = \ln y_i^* - \ln \bar{y}_i \quad (6)$$

Em que: $\ln y_i^*$ = máximo output (sem ineficiência); $\ln y_i$ = output atual (com os valores da ineficiência)

Desse modo, segundo Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015):

$$\exp(-u_i) = \frac{y_i}{y_i^*} \quad (7)$$

No qual: $\exp(-u_i)$ = percentual entre o máximo output possível e o output obtido, pelo qual o valor 1 (um) mostra que a firma é totalmente eficiente tecnicamente (100%). A diferença para o indicador 1 (um) mostra o valor da ineficiência, ou seja:

$$\begin{aligned} \exp(-u_i) &= 0,80 \\ \exp(-u_i) &= 1 - 0,80 \\ \exp(-u_i) &= 0,20 \text{ ou } 20\% \end{aligned}$$

Nessa situação é mostrado que a firma é 80% eficiente e 20% ineficiente tecnicamente, o que evidencia que o output alcançado é 20% menor que o máximo output possível. Alguns modelos, no entanto, não consideram o termo de erro separado da ineficiência, o que provoca conclusões equivocadas, visto que o termo de erro ε_i é formado por dois componentes: o erro propriamente dito e a ineficiência. Nesse contexto, Aigner, Lovell e Schmidt (1977); Meeusen, Van den Broeck (1977) consideraram a adoção de um modelo com u_i e v_i separados. Desse modo, os modelos paramétricos de estimação da fronteira estocástica podem ser dos seguintes modos:

- Distribuição meio normal;
- Distribuição meio normal com heteroscedasticidade;
- Distribuição meio normal truncado.

Ao analisar o modelo de distribuição meio normal, tem-se:

$$\ln y_i = \ln y_i^* - u_i \quad u_i \geq 0 \quad (8)$$

$$\ln y_i^* = x_i\beta + v_i \quad (9)$$

$u_i \sim i.i.d. N^+(0, \sigma^2 u)$

$v_i \sim i.i.d. N(0, \sigma^2 v)$

v_i e u_i são independentes

β , $\delta^2 u$ e $\delta^2 v$ são os parâmetros a ser estimados (KUMBHAKAR, WANG e HORNCastle, 2015)

Assim, o modelo pode ser descrito da seguinte forma:

$$f(u_i) = \frac{\frac{1}{\sigma} \theta \left(\frac{u_i}{\sigma} \right)}{1 - \theta(0)} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} f(u_i) &= \frac{2}{\sigma} \theta \left(\frac{u_i}{\sigma} \right) = 2(2\pi\sigma^2)^{-\frac{1}{2}} \\ &\exp\left(-\frac{u_i^2}{2\sigma^2}\right), \quad u_i \geq 0 \end{aligned}$$

(KUMBHAKAR, WANG e HORNCastle, 2015)

Além disso, torna-se necessário a adoção da função da máxima verossimilhança, que faz parte do contexto do modelo de análise nas distribuições

paramétricas, sendo apresentado da seguinte maneira (KUMBHAKAR, WANG e HORNCastle, 2015):

$$L_i = -\ln\left(\frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2}\ln(\sigma_v^2 + \sigma_u^2) + \ln\phi\left(\frac{\varepsilon_i}{\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}}\right) + \ln\phi\left(\frac{\mu_i^*}{\sigma^*}\right) \quad (11)$$

Em que:

$$\mu_i^* = \frac{-\sigma_u^2 \varepsilon_i}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad (10)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_v^2 \cdot \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad (11)$$

Do mesmo modo, para definir o parâmetro gama (KUMBHAKAR, WANG e HORNCastle, 2015):

$$r = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad (12)$$

Para o modelo meio normal, $Y=0$ serve como um teste para a existência de um único componente do termo de erro. Tendo os parâmetros definidos, se torna possível estimar-se os indicadores de eficiência através do modelo de fronteiras estocásticas de produção. Adotando Battese e Coelli (1988), tem-se:

$$E = [\exp(-u_i)|\varepsilon_i] = \exp\left(u_i^* + \frac{1}{2}\sigma^2\right) \frac{\phi\left(\frac{u_i^* - \sigma^*}{\sigma^*}\right)}{\phi\left(\frac{u_i^*}{\sigma^*}\right)} \quad (13)$$

Dessa maneira, o modelo proposto por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) assume que u_i e v_i são homoscedásticos (δ^2_v e δ^2_u são constantes). Porém, Wang e Schmidt (2002) afirmam que essa consideração gera resultados inconsistentes, o que faz que seja necessário realizar o desenvolvimento considerando-se a heteroscedasticidade. Segundo Caudill e Ford (1993) e Caudill, Ford e Gropper (1995), apresenta-se:

$$\sigma_{u,i}^2 = \exp(z'_{u,i} w_u) \quad (14)$$

$$\sigma_{v,i}^2 = \exp(z'_{v,i} w_v) \quad (15)$$

O modelo empírico utilizado através da fronteira estocástica de produção (Cobb-Douglas) pode ser estipulado pela equação:

$$\ln(Y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Nitrogênio}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{Fósforo}_{it}) + \beta_3 \ln(\text{Potássio}_{it}) + \beta_4 \ln(\text{Fertilizantes}_{it}) + \beta_5 \ln(\text{Area}_{it}) + \beta_6 \ln(\text{Mão de Obra Fixa}_{it}) + \beta_7 \ln(\text{Mão de Obra Temporária}_{it}) + \beta_8 \ln(\text{Máquinas}_{it}) + \beta_9 \ln(\text{Defensivos}_{it}) + V_{it} - U_{it} \quad (16)$$

Assim, para identificar os fatores determinantes da eficiência das firmas da amostra, pelo modelo desenvolvido por Battese e Coelli (1995), que apura os indicadores de eficiência e seus determinantes em um único estágio, tem-se a inclusão do vetor de variáveis determinantes.

$$U_{it} = z_{it}\delta + W_{it} \quad (17)$$

Em que W_{it} é variável aleatória e esses parâmetros são estimados utilizando-se procedimentos de máxima verossimilhança (BATTESE; COELLI, 1995). Do mesmo modo, Caudill e Ford (1993) e Caudill, Ford e Gropper (1995) apresentam que pelo modelo adotado que considera aspectos de heteroscedasticidade consegue-se apurar os fatores determinantes da ineficiência, no qual é possível desenvolver esses procedimentos em uma ou duas etapas. Nesse estudo, adota-se o procedimento em uma etapa, a qual estima-se os parâmetros conjuntamente (ineficiência e seus determinantes) através do método da máxima verossimilhança. Esse procedimento adota a distribuição de u_i como uma função de variáveis exógenas (z_i):

$$E(u_i) = \sigma \left(\frac{\phi(0)}{\phi(0)} \right) = \sqrt{2 / \pi} \exp(z_i' w) \quad (18)$$

$$\exp \left\{ \frac{1}{2} \ln \left(\frac{2}{\pi} \right) + (z_i' w) \right\} \quad (19)$$

Os determinantes da eficiência são estimados pela equação 20 (KUMBHAKAR, WANG e HORNCastle, 2015):

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1(Z_{1it}) + \delta_2(Z_{2it}) + \delta_3(Z_{3it}) + \delta_4(Z_{4it}) + \delta_5(Z_{5it}) + \delta_6(Z_{6it}) + \delta_7(Z_{7it}) + \delta_8(Z_{8it}) + \delta_9(Z_{9it}) + \delta_{10}(Z_{10it}) + \delta_{11}(Z_{11it}) + \delta_{12}(Z_{12it}) + \delta_{13}(Z_{13it}) + W_{it} \quad (20)$$

A mensuração da eficiência econômica de custos desenvolveu-se mediante a proposta por Christensen & Greene (1976):

$$\ln C = \beta_0 + \beta \ln Q + \gamma \left[\frac{1}{2} (\ln Q)^2 \right] + \delta k \ln Pk + \delta l \ln Pl + \delta f \ln Pf + (v_i + u_i) \quad (21)$$

Em que: C é o custo total de produção da i -ésima firma; Pk, Pl, Pf são os preços relativos de capital, trabalho e insumos (preço dos fatores de produção); Q é o *output*; β é o vetor de parâmetros a serem estimados; v_i é o termo de erro aleatório e u_i é o termo de erro não negativo associado à ineficiência de custo da i -ésima firma. Esses parâmetros da fronteira de custos são calculados através de procedimentos de máxima verossimilhança, que consistem em encontrar o menor custo possível para cada nível de produção e preço dos fatores Christensen & Greene (1976). Do mesmo modo Kumbhakar et al. (2015) apresentam o seguinte modelo:

$$\ln \left(\frac{TC}{wF} \right) = \beta_0 + \beta_y \ln y_i + \beta_l \ln \left(\frac{wl}{wf} \right)_i + \beta_k \ln \left(\frac{wk}{wf} \right)_i + \frac{1}{2} \beta_{yy} \ln y_i \ln y_i + \frac{1}{2} \beta_{ll} \ln \left(\frac{wl}{wf} \right)_i \ln \left(\frac{wl}{wf} \right)_i + \frac{1}{2} \beta_{kk} \ln \left(\frac{wk}{wf} \right)_i \ln \left(\frac{wk}{wf} \right)_i + \beta_{lk} \ln \left(\frac{wl}{wf} \right)_i \ln \left(\frac{wk}{wf} \right)_i + \beta_{ly} \ln y_i \ln \left(\frac{wl}{wf} \right)_i + \beta_{ky} \ln y_i \ln \left(\frac{wk}{wf} \right)_i + n_i + v_i \quad (22)$$

Em que:

TC = custo total (R\$/hectare)

Y = *output* obtido (toneladas por hectare)

l = quantidade de mão de obra utilizada na produção (diárias-homem por hectare)

k = quantidade de componentes de custos indiretos utilizada na produção (por hectare)

f = quantidade de insumos utilizada na produção (unidades por hectare)
 wl = preço de mão de obra utilizada na produção (R\$ /Dh)
 wk = preço de componentes de custos indiretos utilizada na produção (R\$/ hectare)
 wf = preço de insumos na produção (R\$/ hectare)

Nesse contexto, duas possibilidades podem ser adotadas ao buscar-se a minimização dos custos relacionados ao volume de produção. A primeira considera que determinada firma apresenta ineficiência técnica, os custos totais serão minimizados pela redução dessa ineficiência, ou seja, obtenção de maior quantidade de *output* com as mesmas quantidades de fatores de produção. A segunda possibilidade consta da obtenção do mesmo volume de *outputs* com o uso de combinações de *inputs* e seus preços relativos, o que aumenta a eficiência alocativa. Dessa maneira, a existência de ineficiência técnica e alocativa aumenta os custos totais e, em contrapartida, reduzem-se os custos totais aumentando a eficiência de custos.

Ao adotar-se a estimação do modelo de eficiência econômica de custos pela função da máxima verossimilhança, pode-se adotar duas formas: ineficiência técnica orientada para input mais o ruído, e ineficiência técnica orientada para *output* e ruído. A ineficiência técnica orientada para input acontece quando se pretende minimizar os custos sem reduzir a quantidade de *output*, abordando as quantidades de *inputs* e os preços dos fatores de produção. Já a ineficiência técnica orientada para *output* busca-se minimizar os custos totais com aumento do *output* e manutenção dos *inputs*. Esse estudo adota a apuração da ineficiência econômica de custos pela função da máxima verossimilhança com ineficiência técnica orientada para input e ruído, exposto abaixo:

$$\ln C^a = \ln C^*(w, y) + \eta + v \quad (23)$$

$$\varepsilon = \eta + v \quad (24)$$

Em que:

ε = termo de erro do modelo da função de custo

C^a = custo atual obtido

C^* = custo mínimo

w = preço dos *inputs*

y = *output*

A distribuição meio normal pode ser representada da seguinte maneira:

$$\ln C^a = \ln C^*(w, y) + \eta + v \quad (25)$$

$$= \ln C^*(w, y) + \varepsilon \quad (26)$$

$\eta \sim i.i.d. N^+(0, \sigma^2 \eta)$

$v \sim i.i.d. N(0, \sigma^2 v)$

Para representar o produtor *i*:

$$\ln C_i^a = \ln C^*(w_i, y_i) + V_i + \eta_i$$

$$\begin{aligned}
 &= \\
 &\beta_0 + \sum_j \beta_j l_n w_{j,i} + \beta_y \ln y_i + \frac{1}{2} \sum_j \sum_k \beta_{jk} l_n w_{j,i} l_n w_{k,i} + \frac{1}{2} \beta_{yy} l_n y_i l_n y_i + \\
 &\sum_j \beta_{jy} l_n w_{j,i} \ln y_i + V_i + \eta_i
 \end{aligned}
 \tag{27}$$

(KUMBHAKAR; WANG; HORNCastle, 2015)

E assim, tem-se a mensuração da eficiência de custos:

$$\exp(-\eta) = \frac{c^*}{c^a} \tag{28}$$

No qual $\exp(-\eta)$ surge com valores entre 0 (zero) e 1 (um), sendo que valores próximos a 1 (um) exibem maior eficiência econômica de custos (KUMBHAKAR; WANG; HORNCastle, 2015).

Para a mensuração dos níveis de sustentabilidade na agricultura, considerando os parâmetros da Agenda 2030, faz-se preciso a adoção do indicador 2.4.1 do programa de objetivos sustentáveis. Esse indicador considera a proporção de área cultivada com determinada cultura agrícola, ou pecuária, sobre a área total de uma região, ou em estabelecimentos rurais isolados ou agrupados. Dessa maneira, torna-se necessário o levantamento da área total cultivada com culturas agrícolas em determinado perímetro a ser analisado e, de posse dessas informações, obtém-se a participação percentual de cada cultura sobre o montante, nos quais se aplicam os critérios de mensuração da sustentabilidade definidos pelo indicador. Nesse estudo o indicador foca na análise do estabelecimento rural (FAO/ONU, 2022). A mensuração das informações para o alcance do indicador de sustentabilidade abrange os temas da metodologia, a seguir:

1. Valor da produção: É um componente de dimensão econômica e considera a quantidade produzida pelo estabelecimento no período de análise e o preço médio de comercialização, como é descrito pela equação abaixo:

$$V = \sum_i^c q_{i,c} * p_{i,c} \tag{29}$$

$q_{i,c}$ = quantidade vendida

$p_{i,c}$ = preço de venda unitário

Feito isso, é preciso agrupar os produtores segundo os valores de produção obtidos, classificando em sequência decrescente, com o intuito de encontrar o 90º percentil. Ao obter-se esse valor, procede-se para a classificação da sustentabilidade, considerando-se como “desejável” os produtores que alcançaram o valor igual ou maior que 2/3 do 90º percentil; para ser “aceitável” é preciso ter o valor da produção igual ou maior que 1/3 do 90º percentil e menor que 2/3 do 90º percentil e para estar classificado como “insustentável”, o estabelecimento necessita ter obtido o valor da produção menor que 1/3 do 90º percentil. Após esse cálculo, é preciso agrupar os produtores em cada nível (desejável, aceitável e insustentável), somando a área total de cada agrupamento e a quantidade de estabelecimentos, como também a obtenção

da área total analisada. Com essa informação, calcula-se a proporção de cada nível percentualmente pela área, obtendo os valores finais que serão expostos no *dashboard*.

2. Lucratividade: aborda a dimensão econômica e mensura os valores da lucratividade na propriedade, através da análise do saldo financeiro para o produtor após os pagamentos de todos os desembolsos pertinentes ao negócio praticado no respectivo período, sendo obtido através da seguinte fórmula:

$$NFI=CR+Yk-OE-Dep+\Delta In \quad (30)$$

pelo qual:

NFI = renda final para o produtor (lucro)

CR = total de receitas obtidas na propriedade

Yk = receitas provenientes de outras fontes (subsídios, prêmios, ganhos, etc.)

OE = total de gastos no período na propriedade (custos e despesas)

Dep = depreciação dos ativos

ΔIn = mudanças no inventário total da propriedade

O passo seguinte é agrupar os produtores segundo os valores de lucratividade obtidos, no qual se o valor for maior que zero é considerado “desejável”. Se o valor final da lucratividade for igual a zero, a propriedade classifica-se como “aceitável”, e será “insustentável” o estabelecimento que obtiver o indicador de lucratividade menor que zero (negativo).

3. Mecanismos de mitigação de riscos: também incide sobre a dimensão econômica, no qual adota a percepção do uso de três ferramentas de mitigação de riscos que possam prejudicar o aspecto econômico da propriedade. As ferramentas são: seguro agrícola, crédito rural e diversificação da produção. Para efetuar a mensuração desse indicador torna-se necessário agrupar os produtores segundo a quantidade de ferramentas de mitigação de riscos que utilizam no respectivo período analisado, no qual se o valor for maior que dois é considerado “desejável”. Se o produtor adota pelo menos uma ferramenta das descritas acima, a propriedade classifica-se como “aceitável”, e será “insustentável” se o estabelecimento não adotar nenhuma das ferramentas descritas.

4. Gerenciamento do uso de fertilizantes: é um critério ambiental que mensura o risco de contaminação do solo e águas por fertilizantes, o risco ao homem em função das práticas de aplicação do insumo. Esse fator analisa o gerenciamento da utilização de fertilizantes baseado em alguns aspectos:

- Dosagem: as propriedades devem utilizar-se das dosagens recomendadas por técnicos especializados;
- Fertilizantes orgânicos: considera se o produtor adota o uso de fertilizantes orgânicos;
- Rotação de culturas: é mensurado o uso de rotação de culturas com gramíneas e leguminosas como forma de adubação verde;
- Ciclo vegetativo da cultura: uso de fertilizantes somente no período de crescimento das plantas;

- Tipo de formulação e dosagens: devem ser calculados baseado no tipo de solo, fertilidade e aspectos climáticos da região em que ocorre o cultivo;
- Agricultura de precisão: adoção dessas ferramentas no contexto do gerenciamento de fertilizantes;
- Faixa de conservação de nascentes: adotar faixa de conservação de nascentes, de acordo com a legislação.

Se a propriedade realizar quatro ou mais aspectos desses descritos acima, é classificada como “desejável”. No entanto, se atender entre dois e três aspectos o estabelecimento é caracterizado como “aceitável” e se a propriedade efetuar menos que um critério torna-se “insustentável”.

5. Gerenciamento do uso de defensivos: é um critério ambiental que mensura o risco de contaminação do meio ambiente e das pessoas por defensivos, sendo baseado em aspectos quanto à preservação da saúde humana e do meio ambiente. Dessa maneira, pelo menos três ações são mencionadas no tocante à preservação da saúde humana, e outros sete aspectos relacionados ao meio ambiente. Os aspectos relacionados a preservação da saúde humana são:

- Aderência às instruções do rótulo para aplicação de pesticidas e uso de equipamentos de proteção individual (EPI);
- Manutenção e limpeza dos equipamentos após o uso;
- Disposição final das embalagens de acordo com a legislação do país.

Os aspectos relacionados ao meio ambiente são:

- Aderência às instruções do rótulo para aplicação de pesticidas;
- Adoção de boas práticas agrícolas;
- Utilização de controles biológicos;
- Rotação de pastagens (no caso de pecuária);
- Remoção de partes das plantas atacadas por pragas;
- Manutenção e limpeza dos pulverizadores;
- Alternância no uso de princípios ativos no ano, visando reduzir a tolerância ao mesmo pelas pragas e doenças.

Para ser considerado como “desejável” a propriedade necessita utilizar defensivos Classe III - Produto Perigoso ou Classe IV - Produto Pouco Perigoso” (IBAMA, 1996), além de cumprir os três aspectos relacionados a preservação da saúde humana e pelo menos quatro aspectos relacionados ao meio ambiente. Para ser classificado como “aceitável” a propriedade necessita utilizar defensivos Classe III - Produto Perigoso ou Classe IV - Produto Pouco Perigoso” (IBAMA, 1996), além de dois aspectos relacionados a preservação da saúde humana e pelo menos dois aspectos relacionados ao meio ambiente. Por fim, para ser classificado como “insustentável”, a propriedade necessita utilizar defensivos Classe I - Produto Altamente Perigoso ou Classe II - Produto Muito Perigoso (IBAMA, 1996), e atender a menos que dois aspectos relacionados a preservação da saúde humana e ao meio ambiente.

6. Adoção de práticas de agro biodiversidade: é um critério ambiental que mensura a agro biodiversidade na produção agropecuária, baseado nos seguintes critérios:

- Pelo menos 10% da área total do estabelecimento deve ser de florestas naturais ou reflorestamentos;
- Não é permitido a utilização de medicamentos antibióticos ou promotores de crescimento nas atividades de criação de animais (pecuária);
- A propriedade diversifica a produção agropecuária, no qual pelo menos duas das seguintes atividades são desenvolvidas: culturas temporárias, culturas permanentes, pecuária de corte ou de leite, silvicultura (de qualquer tipo) e aquacultura (de qualquer tipo);
- É realizado rotação de culturas, no mínimo a cada três anos, em pelo menos 80% da área total cultivada na propriedade.

Se a propriedade realizar pelo menos três aspectos desses descritos acima, é classificada como “desejável” e, se atender no mínimo um desses aspectos o estabelecimento é caracterizado como “aceitável”. Para ser caracterizado como “insustentável” a propriedade não consegue atender a nenhum desses critérios.

7. Salários: é um critério social que mensura o valor financeiro pago aos trabalhadores por um dia de trabalho (diária-homem) no estabelecimento, expostos pela equação abaixo:

$$\left[\text{Salário mensal médio} = \frac{\Sigma R}{\Sigma d} * 30 \right] \quad (31)$$

em que:

ΣR = somatório de remunerações totais no ano analisado

Σd = somatório de dias trabalhados no ano analisado

Se o valor obtido como sendo o salário mensal médio for maior que o valor do salário-mínimo oficial do país no ano analisado, a propriedade é classificada como “desejável”. Se o valor obtido como sendo o salário mensal médio for igual ao valor do salário-mínimo oficial do país no ano analisado, a propriedade é classificada como “aceitável” e se o valor obtido como sendo o salário mensal médio for menor que o valor do salário mínimo oficial do país no ano analisado, a propriedade é classificada como “insustentável”.

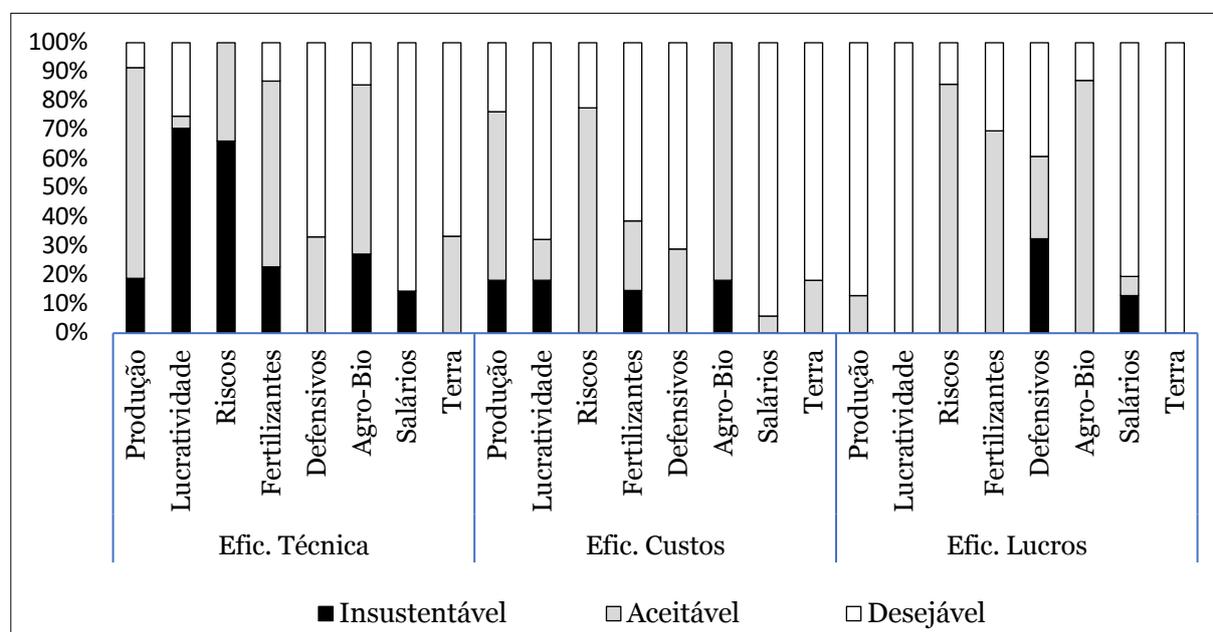
8. Posse da terra: é um critério social que analisa a posse da terra dos estabelecimentos analisados, no qual o produtor necessita comprovar documentalmente se é o proprietário da terra, ou ocupa outra posição, como arrendatário, parceiro, etc. Se o produtor rural possui um documento formal que evidencia que ele é o proprietário das terras do estabelecimento é classificada como “desejável”. No entanto, se o produtor rural possui um documento formal no qual apareça o nome de outra pessoa e de possíveis sócios, que não seja o produtor que usufrui do direito de exploração daquela área mencionada, ou contratos de arrendamento ou parcerias, é classificada como “aceitável” e se a propriedade não possuir nenhum documento formal que exponha a posse ou propriedade daquela área, então a mesma é considerada “insustentável”.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise da metodologia SDG aplicado ao contexto da produção de batata na região de Campinas, torna-se necessário integrar-se os resultados da classificação dos produtores no escopo da sustentabilidade com os indicadores de eficiência encontrados na região, como forma de compreender a relação existente entre a eficiência e a sustentabilidade. Dessa maneira, busca-se compreender se os produtores mais eficientes se encaixam nos níveis sustentáveis da metodologia SDG (CHRIST et al., 2022; SILVA, LUCAS e PINTO, 2022). Dessa forma, o gráfico 2 apresenta os resultados da integração dos dez produtores mais eficientes (apresentam indicadores de eficiência técnica e econômica acima de 90%) com os aspectos da metodologia SDG no tocante à sustentabilidade na produção. A obtenção dos indicadores de eficiência desses produtores seguiu os procedimentos metodológicos descritos anteriormente, pelo qual foi feito a seleção dos dez produtores que tiveram indicadores de eficiência maiores que 90%, descartando-se os demais, visto que o objetivo é compreender se esses produtores eficientes são sustentáveis também.

Com as informações primárias desses dez produtores eficientes, buscou-se elaborar os indicadores da matriz de sustentabilidade pela análise da metodologia SDG, seguindo os procedimentos metodológicos descritos anteriormente. Assim, os resultados do aspecto da sustentabilidade desses produtores são expostos pelo Gráfico 2:

Gráfico 2 – Indicadores de sustentabilidade apurados no estudo de acordo com os níveis de eficiência técnica e econômica obtidos pelos dez produtores mais eficientes da amostra (apresentam indicadores de eficiência técnica e econômica acima de 90%) (2019).



Fonte: informações da pesquisa

No tocante à eficiência técnica os dez produtores mais eficientes cultivam uma área total de 1.384 hectares, no qual vê-se que a sustentabilidade deles se limita ao fator lucratividade, que apresenta o maior nível de insustentabilidade na análise (74%

da área total cultivada pelos dez produtores mais eficientes na região). Porém, esse fato é justificado em função da análise ser limitado somente ao ano 2020, no qual a rentabilidade da produção de batata apresentou-se insuficiente financeiramente, pelo fato de ter ocorrido aumento nos custos totais, aumento no volume produzido no Brasil e, conseqüente queda nos preços pagos aos produtores.

O maior valor de insustentabilidade no fator econômico nessa análise se dá pelo fato de que os dez produtores agrupados comercializam no mercado Spot, o que faz que a lucratividade seja mais sensível às oscilações nos preços de mercado. Além disso, dos dez produtores desse agrupamento, quatro deles são grandes produtores (área maior que 200 hectares) e representam juntos 80% da área total desse recorte, o que pode ter distorcido os resultados, pelo qual três desses tiveram resultado operacional líquido negativo, incidindo diretamente no fator lucratividade, que fica insustentável.

Assim, nessa perspectiva o fato de estudar apenas um ano se torna em uma limitação para conclusões mais acuradas sobre os níveis de sustentabilidade da produção, principalmente quando se integra com os indicadores de eficiência. Mas, não se pode ignorar os resultados apresentados, pois retratam os aspectos da sustentabilidade na produção de batata na região de Campinas, SP, principalmente nos demais fatores.

Com o fator Riscos (que atinge 66% de insustentabilidade) tem-se que do recorte feito de dez produtores, dois deles são grandes produtores e atestam níveis de insustentabilidade nesse quesito, em função de adotarem apenas um mecanismo de mitigação de riscos (seguro agrícola). Esses dois produtores representam 60% da área dessa amostra. Dessa maneira, justifica-se os valores mais elevados de insustentabilidade em relação à população total do estudo nos fatores lucratividade e riscos, mas não se redime desses resultados, pois é evidenciado o que ocorre com esses produtores.

No tocante ao gerenciamento de uso de fertilizantes e defensivos, percebe-se que os produtores mais eficientes apresentam 23% da área cultivada como sendo caracterizada como insustentável. Para os defensivos os produtores mais eficientes não possuem características de insustentabilidade, evidenciando que esses produtores adotam menores quantidades de defensivos, sendo mais sustentáveis. Em relação aos fatores restantes (agro biodiversidade, salário e posse da terra), os níveis de insustentabilidade são pequenos (27%, 14% e 0% respectivamente), expondo que os produtores mais eficientes se preocupam em atender à esses requisitos.

Observando-se a eficiência de custos, os produtores mais eficientes (cultivam uma área total de 342 hectares) apresentam níveis de insustentabilidade baixos (18% no valor da produção; 14% em lucratividade; 15% em fertilizantes e 18% em agro biodiversidade), expondo que os produtores mais eficientes em custos são sustentáveis.

Por fim, os produtores mais eficientes em lucros (cultivam uma área total de 1.045 hectares) apresentam níveis de insustentabilidade nos fatores defensivos e salários no qual os produtores mais eficientes possuem 33% da área cultivada com batata, adotam maior utilização de defensivos, sendo menos sustentáveis por esse motivo. Igualmente ocorre com o fator salários, no qual 13% da área cultivada apresenta remuneração abaixo do salário mínimo regional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo foi desenvolvido com o intuito de compreender quais os níveis de eficiência e sustentabilidade na produção de batata na mesorregião de Campinas, estado de São Paulo. Analisando a amostra dos 50 produtores estudados, tem-se que os indicadores de sustentabilidade são adequados, com maior impacto negativo no fator lucratividade.

Dessa forma, pode-se afirmar que os produtores mais eficientes tecnicamente não são sustentáveis, em função dos elevados percentuais de área cultivada com níveis de insustentabilidade nos fatores lucratividade e riscos.

Para os produtores mais eficientes economicamente em custos e em lucros pode-se afirmar que são sustentáveis. Dessa maneira, os produtores mais eficientes são sustentáveis e essa afirmação embasa-se no pressuposto de que os produtores mais eficientes são aqueles com maiores percentuais em eficiência de lucros, pois a eficiência técnica mede o volume de output com os inputs necessários, desconsiderando-se os preços dos fatores e os preços de venda dos outputs, e isso atrela-se ao fato da sustentabilidade econômica, pois existem produtores na relação dos mais eficientes tecnicamente e com lucratividade negativa, tornando-se insustentável.

Dessa forma, os indicadores de sustentabilidade se tornam parâmetros para os indicadores de eficiência, possibilitando que os produtores sustentáveis sejam mais eficientes, e isso gera uma vantagem competitiva sobre os demais produtores. Isso ocorre pelo fato que maiores indicadores de ineficiência acarretam resultados financeiros indesejáveis, os quais fazem com que os indicadores de sustentabilidade sejam afetados negativamente, expondo condições que comprometem o sucesso na produção de batata. Desse modo, é correto afirmar que os produtores mais eficientes economicamente em custos e lucros são sustentáveis. As limitações do estudo estão concentradas na obtenção de amostras maiores de produtores, visto que existem poucos produtores na região analisada e nem todos tem disponibilidade para participar do mesmo. Pode-se propor que novos estudos semelhantes ocorram em outras regiões produtoras de batata, nos estados de Minas Gerais, Paraná e Bahia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), ao IFSP (Instituto Federal de São Paulo) e à UNICAMP (Universidade Estadual Campinas, SP) pela assistência financeira e técnica no estudo.

REFERÊNCIAS

- AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, v. 6, n. 1, p. 21–37, 1977.
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. **Journal of Econometrics**, v. 38, n. 3, p. 387–399, 1988.
- BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. **Empirical Economics**, , 1995.
- BHENDE, M. J.; KALIRAJAN, K. P. Technical efficiency of major food and cash crops in Karnataka (India). **Indian Journal of Agricultural Economics**, v. 62, n. 2, p. 176–192, 2007.
- BONATTO, H.; SILVA, C.L; NOGUEIRA, S.P.S.; RIBEIRO, N.A.B.; LIMA, N.C.: Avaliação Da Eficiência No Sistema De Saúde Na Microrregião De Paranaguá. **Informe GEPEC**, v. 26, n. 2, p. 161–189, 3 jun. 2022.
- BOULOMYTIS, V. T. G.; BRESAOLA JUNIOR, R. Problemática no uso da terra e no manejo agrícola da bataticultura em Bueno Brandão, MG. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, p. 303–316, ago. 2013.
- CAUDILL, S. B.; FORD, J. M. Biases in Frontier Estimation Due to Heteroscedasticity. **Economics Letters**, v. 41, p. 17–20, 1993.
- CAUDILL, S. B.; FORD, J. M.; GROPPER, D. M. Frontier Estimation and Firm-Specific Inefficiency Measures in the Presence of Heteroscedasticity. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 13, p. 105–111, 1995.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA AGRÍCOLA (CEPEA). **Banco de dados**: preços médios dos hortifrutícolas. 2020. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/banco-de-dados-precos-medios-dos-hortifruticolas.aspx>>. Acesso em: 13 fev. 2022.
- CHRIST, G. D. et al. O Agronegócio Brasileiro No Comércio Internacional: Vulnerabilidade, Retrocesso, Oportunidade Perdida Ou Situação Ótima? **Informe GEPEC**, v. 26, n. 2, p. 190–209, 3 jun. 2022.
- CHRISTENSEN, L. R.; GREENE, W. H. Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation. **Journal of Political Economy**, v. 84, n. 4, p. 655–676, 1976.
- DEBREU, G. The Coefficient of Resource Utilization. **Econometrica**, v. 19, n. 3, p. 273–292, 1951.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAOSTAT). **Crops**. 2022. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 17 mai. 2022.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253, 1957.

GARCÍA-SALAZAR, J. A.; SKAGGS, R. K.; CRAWFORD, T. L. Excess supply and price volatility in the Mexican potato market: a decision making framework. **American Journal of Potato Research**, v. 91, n. 3, p. 291–303, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12230-013-9349-5>>. Acesso em: 29 mar. 2022.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Portaria Normativa Ibama no 84**. 1996. Disponível em: <https://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/Portaria_84.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática** - Produção Agrícola Municipal. 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 20 mai. 2022

KOOPMANS, T. C. An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. New York: **Jone Wiley**, 1951.

KUMBHAKAR, S. C.; WANG, H. J.; HORNCastle, A. P. **A practitioner's guide to Stochastic Frontier Analysis using Stata**. 2015. Cambridge University Press.

MARDANI, M.; SALARPOUR, M. Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis. **Information Processing in Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 6–14, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214317315000128>>. Acesso em: 29 mar. 2022.

MAURICE, D. C.; JOSEPH, M.; GARBA, A. Analysis Of Technical Inefficiency In Food Crop Production Systems Among Small-Scale Farmers In Some Selected Local Government Areas Of Adamawa State, Nigeria. **Journal of Science, Technology & Education**, v. 3, n. 1, 2015.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Technical efficiency and dimension of the firm: Some results on the use of frontier production functions. **Empirical Economics**, v. 2, n. 2, p. 109–122, jun. 1977.

MURALI, P.; PRATHAP, D. P. Technical efficiency of sugarcane farms: an econometric analysis. **Sugar Tech**, v. 19, n. 2, p. 109–116, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12355-016-0456-8>>. Acesso em: 12 abr. 2022.

PRASANNA, R. P. I. R.; LAKMALI, N. Estimating technical efficiency among smallholder potato producers in Welimada, Sri Lanka. **Sri Lanka Journal of Economic Research**, v. 4, n. 1, p. 59–74, 2016.

RAMOS, J. P. Cadeia agroindustrial da batata: dinamismo, organização e os movimentos de reestruturação recente, no novo ambiente econômico. 148 p. **Dissertação de Mestrado em Economia** - Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

SANUSI, M. M.; ADESOGAN, A. O. Resource use Efficiency in Sweet Potato Production in Odeda Local Government Area Ogun State. **Nigerian Journal of Basic and Applied Science**, v. 22, p. 111–117, 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Instituto de Economia Agrícola. Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável. **Projeto LUPA** [2019]: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo. São Paulo: SAA: IEA: CDRS, [2019].

SHAVGULIDZE, R.; BEDOSHVILI, D.; AURBACHER, J. Technical efficiency of potato and dairy farming in mountainous Kazbegi district, Georgia. **Annals of Agrarian Science**, v. 15, n. 1, p. 55–60, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1512188717300167>>. Acesso em: 29 mar. 2022.

SILVA, G. O. DA; LOPES, C. A. Sistema de Produção da Batata. [Embrapa]. v. 2

SILVA, M. L. A. E; LUCAS, M. M. B. L.; PINTO, L. M. DOS R. B. P. Startups Da Floresta, Negócios De Impacto E A Sustentabilidade Na Amazônia. **Informe GEPEC**, v. 26, n. 2, p. 30–49, 3 jun. 2022.

SQUIRES, D.; TABOR, S. Technical Efficiency And Future Production Gains In Indonesian Agriculture. **The Developing Economies**, v. 29, n. 3, p. 258–270, set. 1991.

WANG, H. J.; SCHMIDT, P. One-Step and Two-Step Estimation of the Effects of Exogenous Variables on Technical Efficiency Levels. **Journal of Productivity Analysis**, v. 18, p. 129–144, 2002.

AUTOR

Gilson Rogério Marcomini é professor do Instituto Federal de Educação Tecnológica de São Paulo em São João da Boa Vista (SP). Líder do Grupo de Estudos em Processos Gerenciais (GEPROGER). Doutor em Engenharia Agrícola - FEAGRI/UNICAMP, Mestre em Sistema de Produção Agropecuária-UNIFENAS, Especialista em Gestão Agroindustrial - UFLA, Especialista em Gestão de Pessoas -UNIFEI e Graduado em Administração de Empresas - Gestão de Negócios - ASSER. E-mail: gilson.professor@yahoo.com.br

Recebido em 31/01/2023.

Aceito em 30/07/2023.