

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

POSSIBILIDADE DE SOBREVIVÊNCIA DAS CÉLULAS SAUDÁVEIS EM UM MODELO DE CÂNCER COM TRATAMENTO QUIMIOTERÁPICO	
POSSIBILITY OF SURVIVAL OF HEALTHY CELLS IN A CANCER MODEL WITH CHEMOTHERAPY TREATMENT – Bruna De Oliveira Ribeiro; José Trobia; Moises Souza Santos; Antonio Marcos Batista; Kelly Cristine Iarosz	05
ANÁLISE DO FRANCHISING NA CIDADE DE SANTA ROSA-RS	
ANALYSIS OF THE FRANCHISING IN THE CITY OF SANTA ROSA-RS – Claudio Edilberto Höfler; Nuvea Kuhn; Leticia Dos Santos Bender; Hayatt Husam Mansour	13
BIODIESEL NO BRASIL: POTENCIALIDADES E LIMITES À EXPANSÃO DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO	
BIODIESEL IN BRAZIL: POTENTIALITY AND LIMITS TO THE EXPANSION OF PRODUCTION AND CONSUMPTION – Alisson Venicio Da Silva Brizolla; Thales De Oliveira Costa Viegas; Fabiano Geremia	18
DESENVOLVIMENTO RURAL E TURISMO RURAL ARQUITETÔNICO: ESTUDO DE CASO SOBRE A ARQUITETURA ENXAIMEL RURAL	
DEVELOPMENT AND ARCHITECTURAL RURAL TOURISM: CASE STUDY ON THE HALF-TIMBERED ARCHITECTURE – Rafael Rodrigo Wolfart Treib; Edegar Rotta	26
ENSINO DE QUÍMICA NA PRODUÇÃO DE SABÃO ECOLÓGICO DA ALDEIA IRAJÁ	
CHEMISTRY CLASS IN ECOLOGICAL SOAP PRODUCTION AT IRAJÁ INDIGENOUS VILLAGE – Alyson Torres De Barros; Cintia De Laet Ravani Bottoni; Nádia Ribeiro Amorim; Cezar Henrique Manzini Rodrigues ...	32
ASSOCIATION BETWEEN VISCERAL FAT AND BIOMARKERS IN MILITARY MEMBERS OF THE BRAZILIAN ARMY	
ASSOCIAÇÃO ENTRE A GORDURA VISCERAL E BIOMARCADORES EM MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO – Marly Melo Zanetti; Marcos De Sá Rego Fortes; José Firmino Nogueira Neto; Paulo Murillo Neufeld	38
JAI: PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS DIGITAIS ACESSÍVEIS AO PÚBLICO IDOSO	
JAI: PROCESS OF DEVELOPING DIGITAL GAMES ACCESSIBLE TO THE ELDERLY PUBLIC – Leonardo Frazão Xavier; Eveline De Jesus Viana Sá	45
MELHORANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UNIDADE HIDRÁULICA DE EXTRUSORA DE BORRACHA	
IMPROVEMENT ENERGY EFFICIENCY IN HYDRAULIC UNIT OF RUBBER EXTRUDER – Eric Andrade Dos Santos; Marcio Zamboti Fortes	52

OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DE BAGAÇO DE MALTE POR ATIVAÇÃO QUÍMICA E A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO

OBTENTION OF ACTIVATED CARBON FROM BREWERS' SPENT GRAIN BY CHEMICAL ACTIVATION AND THE PROCESS' OPTIMIZATION – Adrielly Nasario Mildemberg; Arislete Dantas De Aquino; Fabiane Hamerski; Walderson Klitzke 59

Área: Interdisciplinar

9-5	<p>POSSIBILIDADE DE SOBREVIVÊNCIA DAS CÉLULAS SAUDÁVEIS EM UM MODELO DE CÂNCER COM TRATAMENTO QUIMIOTERÁPICO</p> <p>POSSIBILITY OF SURVIVAL OF HEALTHY CELLS IN A CANCER MODEL WITH CHEMOTHERAPY TREATMENT</p> <p>Bruna De Oliveira Ribeiro; José Trobia; Moises Souza Santos; Antonio Marcos Batista; Kelly Cristine Iarosz</p>
-----	--

POSSIBILIDADE DE SOBREVIDA DAS CÉLULAS SAUDÁVEIS EM UM MODELO DE CÂNCER COM TRATAMENTO QUIMIOTERÁPICO

POSSIBILITY OF SURVIVAL OF HEALTHY CELLS IN A CANCER MODEL WITH CHEMOTHERAPY TREATMENT

BRUNA DE OLIVEIRA RIBEIRO¹; JOSÉ TROBIA²; MOISES SOUZA SANTOS³;
ANTONIO MARCOS BATISTA^{2,4}; KELLY CRISTINE IAROSZ^{1,3,4}

1 – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ; 2 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA; 3 – FACULDADE DE TELÊMACO BORBA; 4 – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
brunaoliveira1012@gmail.com; jtrobias@gmail.com; moises.wz@gmail.com; antoniomarcosbatista@gmail.com; kiarosz@gmail.com

Resumo – Tumores são massas de células anormais que podem crescer incontrolavelmente. Neste estudo tem-se um modelo de proliferação celular considerado como um reator biológico, com populações de células tumorais, células saudáveis hospedeiras, células imunológicas efetoras e com o tratamento quimioterápico. O modelo exibe não periodicidade, para determinados parâmetros, o que reduz, a ação do quimioterápico junto com o sistema de defesa do organismo. Esse fator induz uma redução nas populações de células saudáveis. O principal objetivo, é apresentar que o tratamento quimioterápico pulsado com controle, se comparado com o tratamento pulsado convencional, se mostra mais eficaz e aumenta a sobrevivência do indivíduo em tratamento. Além disso, com a escolha do protocolo ideal, existe a possibilidade de remissão parcial/total de tumores.

Palavras-chave: Tumor. Modelo com Quimioterapia. Sobrevida.

Abstract - Tumors are abnormal cells clusters that can grow uncontrollably. In this study, we have a cells proliferation model considered as a biological reactor, with populations of tumor cells, healthy host cells, effector immune cells and chemotherapy treatment. The model exhibits aperiodicity, for certain parameters, which reduces the chemotherapeutic action along with the body's defense system. This factor induces a reduction in healthy cell populations. The main objective is to show that pulsed chemotherapy with control, when compared to conventional pulsed treatment, is more effective and increases the survival of the individual being treated. In addition, with the choice of the ideal protocol, there is the possibility of partial/total remission of tumors.

Keywords: Tumor. Model with chemotherapy. Survival.

I. INTRODUÇÃO

O câncer é um conjunto de doenças que acompanha o ser humano há milênios. Não há registros exatos do primeiro paciente que desenvolveu a doença, mas grandes povos da antiguidade como os egípcios e persas já relataram descrições de tumores malignos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021). Importantes registros sobre o conjunto de doenças foram encontrados nos chamados Papiro de Edwin Smith¹, que foi escrito aproximadamente no ano 3000 d.C. (DAHL, 2007). O

documento tem grande importância na medicina e retrata, além de muitos outros casos médicos, um caso de tumor de mama e que segundo o autor, era uma doença grave e sem tratamento (DAHL, 2007) e Papiro Ebers, escrito por volta de 1500 d.C., que possui descrições de um tumor de tecido mole, um tumor de tecido adiposo e de possíveis cânceres de pele, útero, estômago e reto (U.S. NATIONAL LIBRARY, 2020).

Na Grécia antiga, Hipócrates (460-375 d.C.), descreveu que o crescimento de tumores ocorria principalmente em adultos e que seu crescimento lembrava o movimento de um caranguejo. Ele também detectou cânceres de pele, boca, mama e estômago e deixou como recomendação para tratamento que os tumores que não podem ser curados por remédios são curados por ferro (faca), aqueles que não podem ser curados por ferro são curados pelo fogo (cauterização) e aqueles que não são curados pelo fogo são incuráveis (INCA, 2021).

Atualmente, encontra-se na literatura muitas formas de tratamentos, a mais utilizada é a inserção de fármacos medicamentosos denominados “quimioterápicos” administrados em intervalos regulares, que variam conforme a necessidade do paciente (INCA, 2021). É considerado um tratamento sistêmico, onde os medicamentos se espalham pelo corpo, são letais às células cancerígenas e muitas vezes às células normais (SIEGEL, 2015). Acompanhando a evolução científica, os modelos matemáticos são alternativas crescentes para simulações de sistemas complexos e de competição. O comportamento dinâmico da competição entre células é apresentado neste trabalho e o grande ponto chave é a inserção do termo de quimioterapia nas equações afim de minimizar os efeitos da ação cancerígena.

Neste trabalho será evidenciado no item I, desenvolvimento histórico da quimioterapia. No item II será apresentado o modelo matemático que dá origem as simulações apresentadas no item III e por fim, no item IV, as conclusões acerca do modelo.

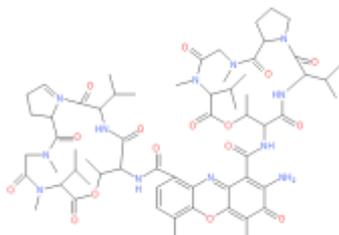
¹É possível visualizar a imagem do papiro no endereço: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edwin_Smith_Papyrus_v2.jpg?uselang=pt-br (DAHL, 2007).

1.1 – Quimioterapia e sua história

Os fármacos utilizados em tratamentos quimioterápicos são resultado de muitas pesquisas. A história dos quimioterápicos, teve início implicitamente na época da Primeira Guerra Mundial. Uma das mais perigosas armas utilizadas em batalha foi o gás mostarda, por se tratar de um gás incolor, os sintomas são sentidos horas depois da exposição, quando as vítimas já possuem lesões extensas (JACQUES, 1991; HOLLAND, 1998). Em 1943, trabalhos científicos de Alfred Gilman e Louis Goodman, apresentam estudos sobre componentes químicos do gás mostarda, onde havia a regressão de tumores linfoides em camundongos (DEVITA, 2008). Um dos cientistas que não abandonou os estudos sobre o gás foi Sidney Farber, em 1948 o nome de Farber passou a estar ligado com os compostos análogos ao ácido fólico (aminopterina e ametopterina), que possui a fórmula $C_{19}H_{20}N_8O_5$. Depois disso, surgiram variantes ao tratamento de leucemia, testes de drogas utilizadas como imunossupressores e o Nobel de Medicina em 1988 para George Hitchings e Gertrude Elion² (GOODWIN, 1989).

De uma forma evolutiva, o homem passa a completar um tipo de tratamento com outros e em 1958, Donald Pinkel administrou de forma intravenosa a actinomicina D em conjunto com a técnica de radioterapia, o estudo foi promissor desse antitumoral (DEVITA, 2008; PINKEL, 1959). Na Figura 1, tem-se a representação da fórmula estrutural da actinomicina D.

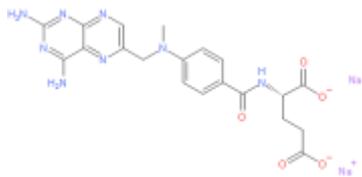
Figura 1 – Fórmula estrutural da actinomicina D



Fonte: Os autores, baseados em Pub Chem Compound Summary for CID 2019, Actinomycin D", 2005.

Em 1960 um grupo de médicos desenvolveu a primeira quimioterapia eficaz no tratamento de tumores (testículo), na época foi utilizada uma combinação dos quimioterápicos actinomicina D (Figura 1), metotrexato (Figura 2), clorambucil (Figura 3) e o tratamento foi bem sucedido (LI, 1960).

Figura 2 – Fórmula estrutural do metotrexato



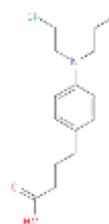
Fonte: os autores, baseados em (LI, 1960).

Em 1970 e anos que seguem, a evolução dos tratamentos e medicamentos trouxeram resultados importantes na redução de tumores, na taxa de mortalidade, nos tratamentos de

² Um pouco da história de George Hitchings e Gertrude Elion pode ser encontrada em: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1988/summary/>

tumores com metástases, na estabilidade de tumores em estágio avançado (CAPIZZI, 1970).

Figura 3 - Fórmula estrutural do Clorambucil



Fonte: os autores, baseados em Pub Chem Compound Summary for CID 2708, "Chlorambucil", 2005.

Muitos dos medicamentos utilizados em 1970 ainda são funcionais, um exemplo é a doxorubicina (aprovado em 1974 pela *Food and Drug Administration*) (COLE, 1974 "FDA – Approved Drugs"). Após essa fase as preocupações passaram a estar ligadas não somente na efetividade, mas também aos efeitos colaterais dos medicamentos, visto que são diversos, durante e depois da aplicação dos agentes quimioterápicos (CANELLOS, 1992; MCKELVEY, 1976; EINHORN, 1977). Ainda nos anos 70, mais precisamente em 1977, um dos primeiros protocolos³ de tratamento tumoral foi criado. Tratava-se da aplicação de clorambucil em 96 pacientes com casos de leucemia (SAWITSKY, 1977). Desde 1990 é comprovado que os protocolos estão mais complexos. São utilizados diferentes medicamentos no protocolo, quantidade de dias das aplicações são distintas e alternar técnicas de tratamento também são realidade (MARCIAL, 1990; DILLMAN, 1990; FINE, 1993; BORGES, 2014). Com a complexidade surgem novas formas de estudos para complementar o dia a dia dos envolvidos.

Tabela 1 – Protocolo de aplicação de quimioterápicos

Protocolo	Descrição	Remissão
1	Clorambucila e prednisona administrados juntos uma vez por mês.	47%
2	Clorambucila administrada diariamente e a prednisona uma vez ao mês.	38%
3	Somente a prednisona era administrada ao paciente.	11%

Fonte: SAWITSKY, 1977.

Em 2011, pesquisadores desenvolveram uma ferramenta que ajudava os médicos a identificarem idosos que teriam dificuldade em completar a quimioterapia, hoje, em 2021 temos a telemedicina e diversos aplicativos de celulares que fazem esse papel (SUN, 2016). Além da tecnologia ainda contamos com a modelagem matemática que permite simulações não evasivas e resultados interpretativos que podem auxiliar nos diagnósticos e na visualização dos efeitos a longo prazo (HONEYCUTT, 1992, SIQUEIRA, 2014).

³ Protocolo de tratamento trata-se de um documento onde são listados os critérios que devem ser cumpridos para o tratamento adequado a cada caso tumoral.

II. MODELO DE PROLIFERAÇÃO CELULAR COM QUIMIOTERAPIA

Como comentado anteriormente, é possível realizar simulações computacionais fazendo uso de conjuntos de equações que interagem predatoriamente. O modelo matemático proposto neste artigo, emergiu da inserção de termos que representam os agentes quimioterápicos, no modelo proposto por Itik *et al.* (2009) e López *et al.* (2014). Assim, o modelo é descrito da seguinte forma:

$$\frac{dC_c(t)}{dt} = r_1 C_c(t) \left(1 - \frac{C_c(t)}{K_1} \right) - a_{12} C_c(t) C_s(t) - a_{13} C_c(t) C_I(t) - \frac{p_1 C_c(t) Q(t)}{m_1 + C_c(t)}$$

$$\frac{dC_s(t)}{dt} = r_2 C_s(t) \left(1 - \frac{C_s(t)}{K_2} \right) - a_{21} C_s(t) C_c(t) - \frac{p_2 C_s(t) Q(t)}{m_2 + C_s(t)}$$

$$\frac{dC_I(t)}{dt} = r_3 \frac{C_I(t) C_c(t)}{C_c(t) + K_3} - a_{31} C_I(t) C_c(t) - d_3 C_I(t) - \frac{p_3 C_I(t) Q(t)}{m_3 + C_I(t)}$$

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \Phi - \zeta Q(t) \quad \text{Eq. (1)}$$

onde as variáveis $C_c(t)$, $C_s(t)$, $C_I(t)$ e $Q(t)$ representam as concentrações de células tumorais (cancerígenas), células saudáveis que formam o tecido (inicial) onde o tumor emergirá, células imunológicas e agentes quimioterápicos, respectivamente. Neste modelo ocorre a ação dos quimioterápicos, associados as células efectoras. As células imunológicas efectoras, representam um sistema eficaz de defesa contra os microrganismos, a transformação maligna de células. Esta capacidade de defesa do sistema imunológico se fundamenta na ativação das células efectoras - que incluem os linfócitos (SCHMIDT-WOLF, 1993).

O conjunto de equações “Eq. (1)” é composto por quatro equações. Na primeira equação, evolução temporal das $C_c(t)$, observa-se que $C_c(t)$ se prolifera com uma taxa chamada r_1 , até uma capacidade máxima de suporte K_1 . As concentrações de $C_s(t)$ e $C_c(t)$ competem entre si em um fator a_{12} (o qual é influenciado por K_1). Ainda nesta equação, encontram-se as competições entre $C_c(t)$ e $C_I(t)$ competem entre si em um fator a_{13} (o qual é influenciado por K_3). O último termo da equação da evolução temporal das $C_c(t)$ mostra que as concentrações de células $C_c(t)$ é influenciada diretamente por p_1 , que representa o coeficiente de predação do agente quimioterápico $Q(t)$.

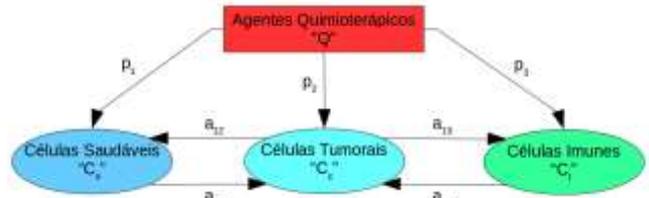
Na segunda equação, evolução temporal das $C_s(t)$, observa-se que $C_s(t)$ se prolifera com uma taxa chamada r_2 , até uma capacidade máxima de suporte K_2 . As concentrações de $C_s(t)$ e $C_c(t)$ competem entre si em um fator a_{21} (o qual é influenciado por K_2). O último termo da equação da evolução temporal das $C_s(t)$ mostra que as concentrações de células $C_s(t)$ é influenciada diretamente por p_2 , que representa o coeficiente de predação do agente quimioterápico $Q(t)$ nesta equação.

Na terceira equação, tem-se a evolução temporal de $C_I(t)$ e observa-se que $C_I(t)$ e $C_c(t)$ podem se proliferar com uma taxa de crescimento r_3 , mas continuam limitados por K_3 . $C_I(t)$ e $C_c(t)$ competem entre si com fator a_{31} . $C_I(t)$ é influenciada diretamente por p_3 , que representa o coeficiente de predação do agente quimioterápico $Q(t)$ nesta equação.

Ainda, nesta equação considera-se d_3 como representativo de apoptose, ou seja, morte programada das células. Na quarta equação tem-se a representatividade da infusão dos agentes quimioterápicos Φ com sua capacidade de absorção ζ .

Na Figura 4 observa-se uma representação gráfica da competitividade entre células e ação do termo de agentes quimioterápicos interagindo com todas as células.

Figura 4 – Esquema representativo do modelo



Fonte: Os autores.

2.1 – Adimensionalização do modelo

A fim de trabalhar com o modelo em situações diversas, realizou-se a adimensionalização do modelo e construindo assim um novo conjunto de equações.

Definindo as variáveis $c_c = C_c/K_1$, $c_s = C_s/K_2$ e $c_I = C_I/K_3$. Redefinindo-se os parâmetros de acordo com $a_{12}^* = (a_{12} \cdot K_2)/r_1$, $a_{13}^* = (a_{13} \cdot K_3)/r_1$, $a_{21}^* = (a_{21} \cdot K_1)/r_1$, $a_{31}^* = (a_{31} \cdot K_1)/r_1$, $r_2^* = r_2/r_1$, $r_3^* = r_3/r_1$, $\beta_1 = a_{12} \cdot K_2$, $\beta_2 = a_{13} \cdot K_3$, $\beta_3 = a_{21} \cdot K_1$, $d_3^* = d_3/r_1$, $r_2^* = r_2/r_1$, $K_3^* = K_3/K_1$, $\Phi^* = \Phi/r_1$, $\zeta^* = \zeta/r_1$, $p_i^* = p_i/K_i$ e $m_i^* = m_i/K_i$ para $i=1, 2, 3$ obtêm-se o sistema de equações “Eq. (2)”:

$$\frac{dc_c(t)}{dt} = r_1 c_c(t) (1 - c_c(t)) - \beta_1 c_c(t) c_s(t) - \beta_2 \cdot c_c(t) c_I(t) - \frac{p_1 c_c(t) Q(t)}{m_1 + c_c(t)}$$

$$\frac{dc_s(t)}{dt} = r_2 c_s(t) (1 - c_s(t)) - \beta_3 c_s(t) c_c(t) - \frac{p_2 \cdot c_s(t) \cdot Q(t)}{m_2 + c_s(t)}$$

$$\frac{dc_I(t)}{dt} = r_3 \frac{c_I(t) \cdot c_c(t)}{c_c(t) + K_3} - \beta_4 c_I(t) \cdot c_c(t) - d_3 c_I(t) - \frac{p_3 \cdot c_I(t) \cdot Q(t)}{m_3 + c_I(t)}$$

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \Phi - \zeta Q(t) \quad \text{Eq. (2)}$$

Na Tabela 2 são listados os valores dos parâmetros utilizados nas simulações, de acordo com Itik (ITIK, 2009) e López (LÓPEZ, 2014).

Tabela 2 - Parâmetros adimensionalizados

Parâmetros	Valores	Descrição
r_2	1,2	Taxas de proliferação de células
r_3	1,29 – 2,0	
a_{12}	0,5	Taxa de competição entre $c_c(t)$ e $c_s(t)$.
a_{21}	4,8	Taxa de competição entre $c_s(t)$ e $c_c(t)$.
a_{13}	1,2	Taxa de competição entre $c_c(t)$ e $c_I(t)$.
a_{31}	1,1	Taxa de competição entre $c_I(t)$ e $c_c(t)$.
d_3	0,1	Taxa de apoptose das células imunes $c_I(t)$.
K_n , com $n=1, 2, 3$.	0,3	Capacidade de suporte máximo das células.

Parâmetros	Valores	Descrição
m_n , com $n=1, 2, 3$.	1,0	Interação de $c(t)$, $h(t)$ e $e(t)$ com $Q(t)$.
p_n , com $n=1, 2, 3$.	0,01-0,1	Coefficiente de capacidade máxima de predação das células.
ζ	0,2 – 0,5	Capacidade de absorção do quimioterápico.

Fonte: ITIK, 2009 e LÓPEZ, 2014.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo matemático apresentado no item III, permite a simulação de tratamentos com agentes quimioterápicos para interpretação da dinâmica de crescimento e competição das células. No caso do presente trabalho, abordou-se o tratamento pulsado, hora considerando um controle de ação e hora desprezando o mesmo.

3.1 – Tratamento Pulsado

O tratamento de tumores pode ser realizado através da aplicação de substâncias químicas chamadas de agentes quimioterápicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Existem diferentes agentes e podem ser aplicados com objetivo de uma tentativa de remissão total (cura) ou para controle da proliferação. Caso a situação seja de remissão completa, diz-se que a doença foi eliminada por completo. No caso do controle, a busca é pela eliminação do máximo possível de células doentes para que estas não atinjam outros órgãos. Esse tipo de tratamento pode ajudar na sobrevivência dos pacientes.

Para que tratamentos tenham uma eficácia e possam ser avaliados os protocolos são necessários. Alguns preveem que o indivíduo receberá o medicamento por um determinado período de tempo, e ficará alguns dias livre da inserção medicamentosa específica a fim de que seu organismo se recuperar dos efeitos colaterais do quimioterápico (SCHMIDT-WOLF, 1993), antes de cada novo ciclo. Este tipo de protocolo de tratamento será chamado de tratamento com protocolo pulsado. Em nossas simulações o protocolo pulsado é de 5 x 23, ou seja, 5 dias com infusão de agentes quimioterápicos e 23 dias com ausência da infusão.

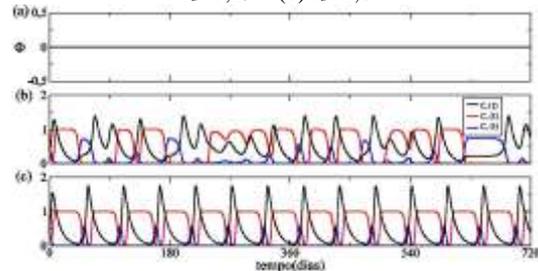
Um fator importante nos tratamentos de tumores cancerígenos é a capacidade de absorção das drogas utilizadas pelo organismo do indivíduo. Obviamente, quanto maior a capacidade de absorção dos medicamentos, mais o organismo receberá o ataque nas células doentes, em contrapartida também aumenta a sua influência nas células saudáveis. Em nosso modelo isto é medido pelo valor de ζ , estes valores já foram analisados por Iarosz e colaboradores (IAROSZ, 2015).

As próximas figuras mostram-se as evoluções temporais do conjunto de equações “Eq. (2)” ($c_c(t)$, $c_s(t)$, $c_t(t)$ e $Q(t)$) durante o período de tempo de 720 dias (Figura 5) e 1080 dias (Figura 6).

Na Figura 5(a) tem-se $\Phi=0$, ou seja, ausência de aplicação de agentes quimioterápicos (protocolo: ausência de aplicação de agentes quimioterápicos). Desta forma, nas Figuras 5(b) e 5(c) são possíveis observações sobre a evolução temporal do conjunto de células que compõem o sistema de equações do conjunto “Eq. (2)”. Em preto tem-se $c_t(t)$, em vermelho $c_s(t)$ e em azul $c_c(t)$. No caso da Figura 5(b) a taxa de proliferação das células $r_3=1,29$ e o comportamento dinâmico se mostra aperiódico, enquanto na Figura 5(c) a

taxa sofre um acréscimo e passa a ser $r_3=1,6$ e o comportamento é alterado, passando a periodicidade. O comportamento apresentado era esperado e foi comprovado no trabalho (pré-print) de Bashkirtseva (BASHKIRTSEVA, 2020).

Figura 5 - Evolução temporal (dias) do conjunto de equações que representam infusão de agentes quimioterápicos (a) $\Phi=0$ e células $c_c(t)$ (linha azul), $c_s(t)$ (linha vermelha), $c_t(t)$ (linha preta) para (a) $r_3=1,29$ e (b) $r_3=1,6$



Fonte: Os autores.

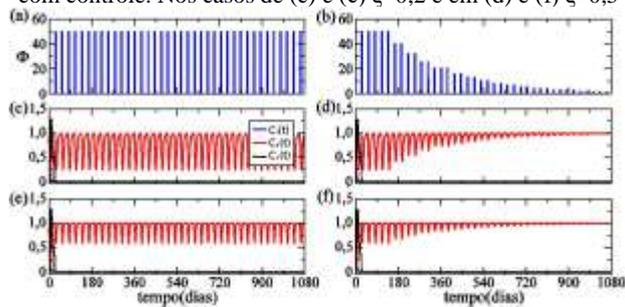
3.2 – Tratamento Pulsado com controle

A Figura 6, representa a evolução temporal do conjunto de células com um diferencial em relação ao caso da Figura 5. Para a simulação apresentada na Figura 8 tem-se infusão de agente quimioterápicos. O protocolo utilizado na simulação é pulsado, são aplicados $\Phi=50$ durante 5 dias, após o quinto dia de aplicação, existe um intervalo de 23 dias sem infusão de agentes quimioterápicos. A taxa de proliferação usada para as simulações na Figura 6 é $r_3=1,29$, o que vai de encontro com a taxa utilizada na Figura 5(b).

As Figuras 6(a) e (b) são representativas da forma de aplicação dos agentes quimioterápicos, em ambas a aplicação inicia-se com $\Phi=50$, no caso da Figura 6(a) o protocolo pulsado se mantém constante e no caso da Figura 6(b) tem-se o controle onde os agentes quimioterápicos são aplicados em intervalos periódicos de tempo (um protocolo escolhido com intervalos t_n), mas sempre que a concentração células cancerígenas, $c_c(t) < 0,001$ por dois meses (60 dias), reduz-se em 20% a quantidade de agentes quimioterápicos até $c_c(t) > 0,001$, por t_n dias consecutivos (o t_n dependerá do protocolo escolhido). Esse procedimento induz a remissão das células cancerígenas.

Nas Figuras 6(c), (d), (e) e (f) mostram-se $c_c(t)$, $c_s(t)$, $c_t(t)$ sobrepostas. Nas Figuras 6(c) e (d) atribuiu-se uma modificação no termo que controla a absorção dos agentes quimioterápicos $\zeta=0,2$ enquanto nas Figuras 6(e) e 6(f) o valor é acrescido para $\zeta=0,5$. As Figuras 6(c) e 6(e) mostram que no tratamento pulsado convencional a concentração de $c_s(t)$ oscila e não se sobressai em relação as demais, sendo assim, o tumor não regrediu ou chegou a remissão, nestas condições o tratamento precisa continuar. Nas Figuras 6(d) e 6(f) tem-se no tratamento pulsado com controle, após certo tempo, uma estabilidade, ou seja, a redução das células cancerígenas é apresentada. Desta forma, o protocolo pulsado com controle se mostra mais eficiente (para condições fornecidas ao sistema). Um segundo ponto interessante é que ambas as condições de tratamento (protocolos) a sobrevivência do indivíduo em tratamento é considerável.

Figura 6 - Evolução temporal de células tumorais, células saudáveis, células do sistema imune e submetidas a ação de agentes quimioterápicos $\Phi=50$. Protocolo 5 x 13 com $r_3=1,29$. Em (a), (c) e (e) protocolo pulsado e em (b), (d) e (f) protocolo pulsado com controle. Nos casos de (c) e (e) $\zeta=0,2$ e em (d) e (f) $\zeta=0,5$



Fonte: Os autores.

Na Figura 7 encontra-se o espaço de parâmetros de ζ x Φ , ou seja, uma relação entre o quanto de agente quimioterápico aplicado no organismo é aproveitado e ajuda no processo da redução de células tumorais, enquanto as demais células se fortalecem. O protocolo é o mesmo aplicado na Figura 6. Tem-se aplicação durante 5 dias e suspensão durante 23. Na Figura 7(a) o protocolo é pulsado e em 7(b) é pulsado, mas com controle dependendo do valor de $c_c(t)$.

A Figura 7 está separada em três regiões interpretativas, mostradas na Tabela 3.

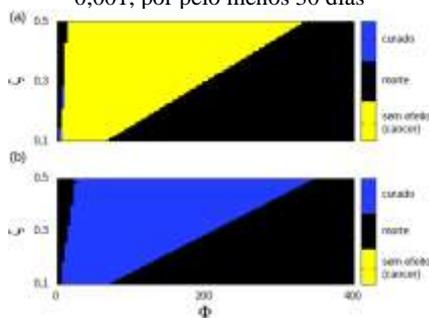
Tabela 3 – Descrição do espaço de parâmetros de ζ x Φ

Região	Descrição
Azul	Remissão completa ou muito próximo dessa situação. A cura do tumor, considerando que $c_c(t) < 0,001$ e $c_s(t) > 0,9$, por pelo menos 365 dias.
Amarela	Tumor permanece no indivíduo e é necessário continuar o tratamento por mais tempo. Uma região intermediária.
Preta	Morte eminente do indivíduo, pois $c_s(t) < 0,001$, por pelo menos 30 dias.

Fonte: Os autores.

Observa-se que a região em azul, tem um acréscimo considerável no protocolo pulsado com controle e a região em amarelo praticamente desaparece.

Figura 7 - Espaço de parâmetros de ζ x Φ do protocolo 5 x 23. Na Figura 7(a) o protocolo é pulsado e em (b) é pulsado com controle dependendo do $c_c(t)$. Na região azul representa-se a cura do tumor, considerando-se $c_c(t) < 0,001$ e $c_s(t) > 0,9$ por pelo menos 360 dias. Na região em amarelo mostra-se o tumor existente e na região em preto tem-se a possível morte do indivíduo, considerando-se $c_s(t) < 0,001$, por pelo menos 30 dias



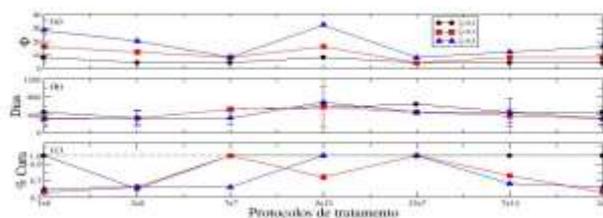
Fonte: Os autores.

Observando-se as Figuras 7(a) e 7(b), percebe-se que no protocolo 5 x 23 o aumento de $\Phi=300$, associado com valores de ζ , pode não levar a supressão ou remissão das células tumorais, mas sim levar a morte do indivíduo. Este mesmo comportamento é observado na Figura 7(a), mas na Figura 7(b), com o uso do controle no protocolo pulsado, utilizando-se $\Phi=50$ e $\zeta=0,5$ o indivíduo estará na região de cura do tumor.

Outro fator importante pode ser observado, a medida que o valor de Φ aplicado é reduzido, no tratamento pulsado com controle, a região em azul, sofre acréscimo considerável. Com a finalidade de auxiliar na tomada de decisões em relação a escolha do protocolo (1 x 6, 2 x 8, 7 x 7, 5 x 23, 23 x 7, 7 x 14 e 2 x 5) mais adequado a cada situação tem-se a Figura 8.

Na Figura 8(a) avalia-se a quantidade de Φ para aplicação dependendo do protocolo e dos valores de $\zeta = 0,1$ (linha preta), $\zeta = 0,3$ (linha vermelha) e $\zeta = 0,5$ (linha azul). Nota-se que os protocolos 2 x 8 e 5 x 23 utilizados nas simulações, com a variação do ζ tem comportamentos muito próximos, quanto a escolha do valor de Φ . Na Figura 8(b) tem-se avaliação do protocolo que leva a região azul com maior rapidez, observa-se que o tempo de cura ou remissão do tumor (independentemente do valor de ζ) é menor no protocolo 2 x 8. Também é relevante observar-se que o protocolo 7 x 7 necessita de doses menores de Φ (Figura 8(a)), para a obtenção de resultados melhores do que os dos protocolos 2 x 8 e 5 x 23 (exemplo). Na Figura 8(c) mostra-se o valor ideal de ζ e qual o percentual de remissões, se a taxa de absorção é maior (ζ maior), aumenta-se a absorção dos agentes quimioterápicos aplicados e consequentemente a região em azul da Figura 7 pode ser atingida mais rapidamente (menor tempo de cura), no entanto, a porcentagem de sucesso fica menor.

Figura 8 - Em (a) representa-se a função de Φ dependente dos protocolos, para diferentes valores de ζ . Em (b) apresenta-se a função do tempo dependendo dos protocolos para diferentes valores de ζ e em (c) a função da porcentagem de curados dependendo dos protocolos para diferentes ζ



Fonte: Os autores.

IV. CONCLUSÃO

Sabe-se de trabalhos presentes na literatura que existem efeitos de interação de células e estes podem ser modelados matematicamente, neste trabalho, realizou-se simulações envolvendo células cancerígenas, células saudáveis, células do sistema imunológico e também a aplicação de agentes quimioterápicos. O principal diferencial em relação aos trabalhos presentes na literatura foi a inserção da equação diferencial que simula aplicação e aproveitamento dos agentes quimioterápicos pelo organismo dos envolvidos.

Os resultados permitem que os leitores tenham a visão da importância da aplicação de quimioterápicos (Φ) durante o tratamento, mas que o quanto o organismo consegue aproveitar (ζ) também é relevante, visto que são fatores determinantes para o resultado do tratamento. Apresenta-se

nos resultados a relevância em se considerar protocolos de tratamentos pulsados e controle. Essa escolha de protocolo leva os indivíduos à sobrevivida.

Em trabalhos futuros considera-se a possibilidade de inserção de um termo de ruído e um termo de atraso no modelo. Ambos vão de encontro com situação de proliferação mais reais em seres humanos.

V. AGRADECIMENTOS

A realização do trabalho foi possível com auxílio financeiro das seguintes agências: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Fundação Araucária, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

VI. REFERÊNCIAS

BASHKIRTSEVA, I.; RYASHKO, L.; LÓPEZ, A.G.; SEOANE, J.M.; SANJUÁN, M.A.F. Tumor stabilization induced by T-cell recruitment fluctuations. **International Journal of Bifurcation and Chaos**, v. 30, n. 2050179, 2020.

BORGES, F. S.; IAROSZ, K. C.; REN, H. P.; BATISTA, A. M.; BAPTISTA, M. S.; VIANA, R. L.; LOPES, S. R.; GREBOGI, C. Model for tumour growth with treatment by continuous and pulsed chemotherapy. **BioSystems**, v. 116, p. 43-48, 2014.

CANELLOS, G. P.; ANDERSON, J. R.; PROPERT, K. J.; NISSEN, N.; COOPER, M. R.; HENDERSON, E. S.; GREEN, M. R.; GOTTLIEB, A. PETERSON, B. A. Chemotherapy of Advanced Hodgkin's Disease with MOPP, ABVD, or MOPP Alternating with ABVD. **New England Journal of Medicine**, v. 327, p. 1478-1484, 1992.

COLE, M. P.; TODD, I. D.; WILKINSON, P. M. A preliminary trial of doxorubicin in advanced breast cancer and other malignant disease. **British journal of cancer**, v. 29, p. 114-116, 1974.

DAHL, J. **Edwin Smith Papyrus**. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edwin_Smith_Papyrus_v2.jpg?uselang=pt-br. Acesso em 20 de dezembro de 2020.

DEVITA, V. T.; CHU, E. A history of cancer chemotherapy. **Cancer Research**, v. 68, p. 8643-8653, 2008.

DILLMAN, R. O.; SEAGREN, S. L.; PROPERT, K. J.; GUERRA, J.; EATON, W. L.; PERRY, M. C.; CAREY, R. W.; FREI, E. F.; GREEN, M. R. A Randomized Trial of Induction Chemotherapy plus High-Dose Radiation versus Radiation Alone in Stage III Non-Small-Cell Lung Cancer. **New England Journal of Medicine**, v. 323, p. 940-945, 1990.

EINHORN, L. H.; DONOHUE, J. Cis-Diamminedichloroplatinum, Vinblastine, and Bleomycin Combination Chemotherapy in Disseminated Testicular Cancer. **Annals of Internal Medicine**, v. 87, p. 293-298, 1977.

FINE, H. A.; DEAR, K. B.; LOEFFLER, J. S.; BLACK, P. M.; CANELLOS, G. P. Meta-analysis of radiation therapy with and without adjuvant chemotherapy for malignant gliomas in adults. **Cancer**, v. 71, p. 2585-2597, 1993.

GOODWIN, L. Geroge Hitchings and Gertrude Elion – Nobel Prizewinners. **Parasitology Today**, vol. 5, n. 33, 1989.

PINKEL, D. Actinomycin D in Childhood Cancer. **Pediatrics**, v. 23, p. 342-347, 1959.

HOLLAND, R. **Mustard Gas as an Anti-Cancer Agent**. Disponível em: <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/mustard/mustard.htm>. Acesso em: 2 ago. 2020.

HONEYCUTT, R. L. Stochastic Runge-Kutta algorithms. I. White noise. **Physical Review A**, v. 45, p. 600-603, 1992.

IAROSZ, K. C.; BORGES, F. S.; BATISTA, A. M.; BAPTISTA, M.S.; SIQUEIRA, R. A.; VIANA, R.L.; LOPES, S.R. Mathematical model of brain tumour with glianeuron interactions and chemotherapy treatment. **Journal of Theoretical Biology**, v 368, p. 113-121, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Disponível em: <https://www.inca.gov.br/>. Acesso em: 03 de janeiro de 2020.

ITIK, M.; BANKS, S.P. Chaos in a three-dimensional cancer model. **International Journal of Bifurcation and Chaos**, v 20, n 1, p. 71-79, 2009.

JACQUES, J. First victims of yperite. **New Journal of Chemistry**, v. 15, p3-4, 1991.

LI, M. C.; WHITMORE, W. F.; GOLBEY, H.; GRABSTALD, H. Effects of Combined Drug Therapy on Metastatic Cancer of the Testis. **JAMA**, v. 174, p. 1291-1299, 1960.

LÓPEZ, A. G.; SABUCO, J.; SEOANE, J. M.; DUARTE, J.; JANUÁRIO, C.; SANJUÁN, M.A.F. Avoiding healthy cells extinction in a cancer model. **Journal of Theoretical Biology**, v 349, p. 74-81, 2014.

MARCIAL, V. A.; PAJAK, T. F.; MOHIUDDIN, M.; COOPER, J. S.; SARRAF, M.; MOWRY, P. A.; CURRAN, W.; CRISSMAN, J.; RODRÍGUEZ, M.; VÉLEZ-GARCÍA, E. Concomitant cisplatin chemotherapy and radiotherapy in advanced mucosal squamous cell carcinoma of the head and neck. Long-term results of the radiation therapy oncology group study. **Cancer**, v. 66, p. 1861-1868, 1990.

MCKELVEY, E. M.; GOTTLIEB, J. A.; WILSON, H. E.; HAUT, A.; TALLEY, R. W.; STEPHENS, R.; LANE, M.; GAMBLE, J. F.; JONES, S. E.; GROZEA, P. N.; GUTTERMAN, J.; COLMAN, C.; MOON, T. E. Hydroxyldaunomycin (Adriamycin) combination chemotherapy in malignant lymphoma. **Cancer**, v. 38, p. 1484-1493, 1976.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/cancer>. Acesso em 18 junho 2020.

SAWITSKY, A.; RAI, K. R.; GLIDEWELL, O.; SILVER, R. T. Comparison of daily versus intermittent chlorambucil and prednisone therapy in the treatment of patients with chronic lymphocytic leukemia. **Blood**, v. 50, p. 1049-1059, 1977.

SCHMIDT-WOLF, I. G.; LEFTEROVA, P.; MEHTA, B. A.; FERNANDEZ, L. P.; HUHN, D.; BLUME, K. G.; WEISSMAN, I. L.; NEGRIN, R. S. Phenotypic characterization and identification of effector cells involved in tumor cell recognition of cytokine-induced killer cells.

Experimental Hematology, v 21 (13), p. 1673-1679, 1993.

SIEGEL, R. L.; MILLER, K. D.; JEMAL, A. Cancer Statistics. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, v. 65, p. 5-29, 2015.

SIQUEIRA, R. A. N.; IAROSZ, K. C.; BATISTA, A. M. Modelo de interação tumor-sistema imunológico. **Revista Sodebras [on line]**. v. 9, n.102, Jun./2014, p.25-28. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N102.pdf>>. Acesso em: 03 de 12 nov. 2020.

SUN, X.; BAO, J; SHAO, Y. Connecting cancer mechanisms to population survival rates. **Scientific Reports**, v 6, 22498, 2016.

U. S. N. MEDICAL LIBRARY AT THE NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. **Erbes Papiro**. Acesso em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ebers7766.jpg>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2020.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 18/01/2021

Aprovado em: 16/02/2021

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-2	<p>ANÁLISE DO FRANCHISING NA CIDADE DE SANTA ROSA-RS</p> <p>ANALYSIS OF THE FRANCHISING IN THE CITY OF SANTA ROSA-RS Claudio Edilberto Höfler; Nuvea Kuhn; Leticia Dos Santos Bender; Hayatt Husam Mansour</p>
6-3	<p>BIODIESEL NO BRASIL: POTENCIALIDADES E LIMITES À EXPANSÃO DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO</p> <p>BIODIESEL IN BRAZIL: POTENTIALITY AND LIMITS TO THE EXPANSION OF PRODUCTION AND CONSUMPTION Alisson Venicio Da Silva Brizolla; Thales De Oliveira Costa Viegas; Fabiano Geremia</p>
6-13	<p>DESENVOLVIMENTO RURAL E TURISMO RURAL ARQUITETÔNICO: ESTUDO DE CASO SOBRE A ARQUITETURA ENXAIMEL</p> <p>RURAL DEVELOPMENT AND ARCHITECTURAL RURAL TOURISM: CASE STUDY ON THE HALF-TIMBERED ARCHITECTURE Rafael Rodrigo Wolfart Treib; Edemar Rotta</p>
7-8	<p>ENSINO DE QUÍMICA NA PRODUÇÃO DE SABÃO ECOLÓGICO DA ALDEIA IRAJÁ</p> <p>CHEMISTRY CLASS IN ECOLOGICAL SOAP PRODUCTION AT IRAJÁ INDIGENOUS VILLAGE Alyson Torres De Barros; Cintia De Laet Ravani Bottoni; Nádia Ribeiro Amorim; Cezar Henrique Manzini Rodrigues</p>



ANÁLISE DO FRANCHISING NA CIDADE DE SANTA ROSA-RS

ANALYSIS OF THE FRANCHISING IN THE CITY OF SANTA ROSA-RS

CLAUDIO EDILBERTO HÖFLER¹; NUVEA KUHN¹; LETICIA DOS SANTOS BENDER¹;
HAYATT HUSAM MANSOUR¹

1 - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FARROUPILHA –
CAMPUS SANTA ROSA

claudio.hofler@ifarroupilha.edu.br; nuvea.kuhn@ifarroupilha.edu.br; leticiabender@outlook.com.br;
hayatt.h.m@hotmail.com

Resumo - O crescimento das franquias a nível nacional tem expandido consideravelmente, incluindo-se nesta perspectiva o estado do RS. Este estudo, tem como objetivo mapear as unidades de franquias identificando os setores de atuação, e os principais desafios e vantagens pela perspectiva dos franqueados na gestão das franquias no município de Santa Rosa/RS. Por meio de uma abordagem qualitativa e exploratória, aplicou-se um questionário semiestruturado a 32 franqueados de diferentes segmentos de franquias no município. Os resultados indicaram que os segmentos com maior atuação no município são de alimentação e saúde, beleza e bem-estar. O sistema de franquias proporciona muitas vantagens. Alguns franqueados demonstraram resistência quanto a padronização dos procedimentos pela rede, especialmente a limitação da autonomia da gestão da unidade.

Palavras-chave: Empreendimentos. Franquia. Gestão.

Abstract - The growth of franchises at the national level has expanded considerably, including the state of RS in this perspective. This study aims to map the franchise units by identifying the sectors in which they operate, and the main challenges and advantages from the perspective of franchisees in the management of franchises in the municipality of Santa Rosa / RS. Through a qualitative and exploratory approach, a semi-structured questionnaire was applied to 32 franchisees from different franchise segments in the municipality. The results indicated that the segments with greater performance in the municipality are food and health, beauty and well-being. The franchise system provides many advantages. Some franchisees showed resistance regarding the standardization of procedures by the chain, especially the limitation of the unit's management autonomy.

Keywords: Enterprises. Franchising. Management.

I. INTRODUÇÃO

No cenário atual, há pessoas audaciosas, com a aspiração de estabelecer seu próprio empreendimento, porém muitos têm poucos recursos financeiros e quase nenhuma prática. A alternativa que vem atraindo cada vez mais interessados é o *Franchising*. O sistema de franquias proporciona maior segurança, pois oferece ao titular do empreendimento um nome já consolidado no mercado, com

plano e estrutura pré-determinados (SEBRAE, 2018a, SEBRAE, 2018b, SEBRAE, 2018c).

Pela perspectiva de Cicarelli, Queiroz e Araújo Hr (2016, s/p), para o franqueado “a abertura de um negócio próprio com uma marca já consolidada, com uma ideia de negócio já desenvolvida, testada e consolidada, além de processos padronizados e todo o suporte oferecido pela franqueadora.

No Brasil a possibilidade de franquia é regulamentada pela Lei N ° 8.955, de 15 de dezembro de 1994 (Lei de Franquia) revogada recentemente pela Lei N° 13.966, de 26 de dezembro de 2019, que considera em seu Art. 1 o “sistema de franquia empresarial, pelo qual um franqueador autoriza por meio de contrato um franqueado a usar marcas e outros objetos de propriedade intelectual, sempre associados ao direito de produção ou distribuição exclusiva ou não exclusiva de produtos ou serviços [...]” (BRASIL, 2019).

A análise deste contexto permitiu propor a seguinte questão de pesquisa para este estudo: as franquias são um bom negócio oferecendo segurança e vantagens aos franqueados?

O objetivo deste trabalho foi o de identificar os principais desafios e vantagens das franquias no município de Santa Rosa/RS.

Verificou-se que, de acordo com Cadastro Central de Empresas apresentado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), na cidade de Santa Rosa/RS existem 3.205 empresas, enquanto que em 2008, existiam 2.870 empresas cadastradas. Logo, evidenciando-se aumento de empreendedores ao longo desses anos.

A escolha da temática justifica-se devido ao aumento exponencial de unidades de franquias na cidade de Santa Rosa/RS.

II. METODOLOGIA

A metodologia caracteriza-se pelos procedimentos que foram seguidos para realizar a pesquisa. O estudo foi caracterizado como qualitativo do tipo exploratório, ao explorar e identificar o setor de *franchising* a fim de compreender se o segmento proporciona bons negócios.

A pesquisa foi realizada na cidade de Santa Rosa/RS, visando analisar características empreendedoras dos franqueados, suas motivações e limitações frente ao desenvolvimento das unidades franqueadas, por meio de um estudo de levantamento de campo do tipo *survey*.

O município de Santa Rosa segundo dados do IBGE (2018), tem uma população estimada em 73.575 habitantes. Utilizando-se da mesma fonte de pesquisa a área territorial é de 489,798 km². A economia divide-se em três setores: o setor primário representa a agricultura e a pecuária, assim como a extração de diversos recursos e atividades ligadas à exploração direta dos recursos naturais de origem vegetal, animal e mineral. O setor secundário é caracterizado pela indústria em geral, compreende todas as atividades de transformação de bens. O setor terciário expressa as demais atividades econômicas que prestam serviços.

O levantamento das franquias foi realizado através da lista de franquias associadas disponível do site da ABF (2018a). Realizou-se confronto com as organizações listadas e observou-se a existência de muitas delas no município. Foi incluído no mapeamento organizações que não possuem vínculo com a associação, mas que, sabidamente são franquias no município.

Com auxílio dessa listagem, por segmento, da ABF foi possível realizar levantamento de 43 unidades franqueadas, dessas, quatro unidades não estavam operando com suas atividades no período do estudo. Importante salientar que não foi quantificado no levantamento unidades de franquias com a mesma marca no município.

Como amostra não probabilística por conveniência foram entrevistados 22 gestores de unidades franqueadas. A escolha destes se deu devido “os participantes escolhidos por estarem disponíveis” (FREITAS *et al.* 2000). Assim, das 39 unidades operantes no decorrer da pesquisa, as 22 unidades franqueadas participantes do estudo representam 56% da totalidade do levantamento realizado.

Utilizou-se em seu delineamento a coleta de dados em fontes bibliográficas disponíveis em meios físicos e eletrônicos. Foi utilizado questionário semiestruturado com 31 perguntas abertas e fechadas aplicado aos franqueados durante o período de outubro de 2018.

Os dados obtidos e apresentados ocultam os nomes das empresas, pois os proprietários das 22 franquias responderam ao questionário anonimamente. Por fim os dados coletados foram tabulados em planilhas Excel gerando gráficos, permitindo análises.

III. RESULTADOS

3.1- Mapeamento das Franquias

A sala do empreendedor do município de Santa Rosa atua como facilitador para a abertura de novas empresas oferecendo informações sobre funcionamento e formalização, de forma simples e facilitada (SALA DO EMPREENDEDOR DE SANTA ROSA, 2018).

Do total das franquias estabelecidas no município considerando-se até o ano de 2018, do total 23% são do ramo da moda; enquanto que 46% atuam com prestação de serviços. A pesquisa apresentou que 63% dos empreendedores franqueados tem ensino superior.

Nesse sentido perguntou-se aos franqueados se os mesmos se veem como empreendedores. Em retorno obteve-se que maioria se consideram empreendedores mesmo sendo franqueados devido a necessidade de apresentarem algumas

características pessoais como resiliência, criatividade, coragem, persistência e visão de negócio.

O sistema de franquias se desenvolveu, mudando o grau de profissionalização e sistematização dos processos devido ao fato de os franqueadores terem construído suas capacidades através da experiência (LANCHIMBA E MEDINA, 2018).

No município, a ascensão do número de franquias ocorreu especialmente a partir do ano de 2015, sendo que 72% dos franqueados se constituíram a partir deste período.

O sistema de franquias pode oferecer inúmeras vantagens tanto para o franqueador como para o franqueado (MAURO, 2006). Porém, como todo o negócio, também têm seus desafios para ambas as partes. Para o franqueador, na concepção de Leite (1990), o sistema de franquias disponibiliza um aumento de rentabilidade, uma vez que, o franqueador utiliza-se de capital dos franqueados para custear instalações. A redução de custos incide como uma vantagem ao franqueador, pois o franqueado busca, automaticamente, formas de economia que podem auxiliar em toda a rede, as compras de fornecedores em grande quantidade reduzem os custos de ambas às partes do sistema.

O motivo que levou para a abertura de uma franquia, para a maioria, 59% dos franqueados se deve pelo fato de ter seu negócio. A ambição do franqueado em ter seu próprio negócio, faz com que este sintam-se mais motivado e efetue com eficiência seus afazeres, essa motivação entre franqueados auxilia no espírito de competição dentro da própria rede, aumentando o faturamento do franqueador. Muitas responsabilidades de administração da unidade passam aos franqueados, o que ocasionalmente diminui as do franqueador (OLIVEIRA E SCARINC, 2018).

Sendo assim, as vantagens que o franqueador pode alcançar com esse tipo de negócio são a maior cobertura de o mercado com menor investimento próprio, a disponibilidade de um canal de distribuição leal e exclusivo e “permite maior eficiência em cada unidade, já que o dono (franqueado) está presente em cada uma delas para assegurar o andamento do negócio” (CHIAVENATO, 2007, p.114).

Os franqueados foram perguntados em relação a origem dos recursos para abrir a franquia, do total dos entrevistados 86% disseram que os recursos foram próprios. Adotar essa estratégia resulta na vantagem principal de não correr riscos que estão associados à criação de uma empresa, assim como, a aceitação do produto, a experiência administrativa e as exigências de capital. Com a utilização do *know-how* do franqueador, a troca de experiências, economia de escala e maior concentração nas vendas (SEBRAE, 2018a, SEBRAE, 2018 b, SEBRAE 2018c). Além da possibilidade de fazer um menor investimento e muita economia evitando erros decorrentes da inexperience própria.

Percebeu-se uma grande diferença de valores necessários para investimentos de unidades franqueadas, isso se deve por diversos motivos: segmento da unidade, infraestruturas, porte, equipamentos *layout*, taxa da franquia, dentre outras variáveis.

Figura 1 - Capital necessário para o investimento da unidade franqueada

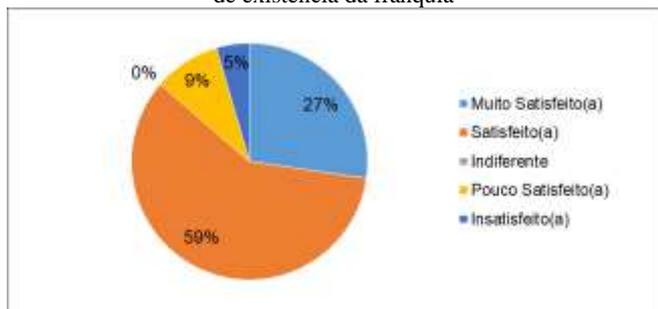


Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

A pesquisa apontou diferentes necessidades de aporte financeiro. Sendo que os valores vão de até dez mil reais e outros até acima de trezentos mil reais. Para muitos dos franqueados foram necessários investimentos de R\$ 50 mil a R\$ 200 mil para a abertura de sua franquia, conforme observado na figura 1.

Para Leite (1990) o retorno sobre o investimento do franqueado acontece de forma mais rápida do que um negócio independente, pois os riscos são mais premeditados e influenciam para atingir o ponto de equilíbrio, reduzir custos e obter lucro. O franqueador se encarrega de pesquisar e desenvolver novos produtos, assim, os produtos passam por testes em unidades do próprio franqueador para depois abranger outras unidades da rede. Assim, reduzindo as despesas de insucesso do franqueado. Os franqueados foram perguntados sobre o seu grau de satisfação em relação a franquia.

Figura 2 - Grau de Satisfação do franqueado no primeiro ano de existência da franquia



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Do total dos entrevistados 5% dos franqueados encontraram-se insatisfeitos com sua empresa no decorrer do primeiro ano; outros 9% definiram como pouco satisfeitos; enquanto que para 27% dos franqueados declararam estarem muito satisfeitos com os resultados; já para maioria 59% disseram estar satisfeitos com suas atividades no primeiro ano.

3.2 - Vantagens e desvantagens das franquias

A estruturação de uma franquia possui como uma de suas vantagens o conhecimento prévio do franqueador sobre um determinado segmento de mercado (GIGLIOTTI, 2012). Diante de tais aspectos, ressalta-se que os investimentos em empreendimentos envolvem riscos, bem como possíveis vantagens e desvantagens (MAURO, 2006).

Pela perspectiva de Mauro (2006, p.131), “a franchising é um sucesso porque é um sistema que apresenta

mais vantagens que desvantagens para as empresas que os implantam”.

Assim, como forma de conhecer como o franqueado, em Santa Rosa/RS, percebe o sistema de *franchising*, indagou-os quanto às vantagens do negócio e aos desafios enfrentados, tal como apresentado no quadro 1.

Quadro1- Vantagens e desafios do sistema de *franchising*

VANTAGENS	DESAFIOS
Sistema pronto com leque de produtos.	Uma parte significativa das receitas vai para o franqueador.
Padronização da marca a nível nacional.	Seguir a padronização, fidelização e ticket médio entre as outras franquias.
Suporte, trocas de experiências, aprendizado na área de atuação	Conseguir capital de giro para os primeiros meses de trabalho. Alto investimento inicial. Equipe qualificada.
Marca reconhecida no mercado.	Acompanhar os novos produtos e novo layout da franquia, o que demandam mais investimentos financeiros em pouco tempo de negócio; logística; taxa de renovação da franquia.
Troca de informações entre franqueados	Pagamentos de royalties, metas, fornecedores.
Acompanhamento do franqueador.	Ter que seguir os padrões; Ser franqueado implica em todos ter a mesma marca, caso alguma unidade passe uma imagem com descrédito da marca, toda rede sente os resultados negativos;
Marketing personalizado, Análise de investimentos, suportes.	Limitações de marcas (todas as marcas devem ser homologadas pela franqueadora),
Renda diferenciada.	Pagar taxas de marketing, royalty e solicitar autorização para algumas ações.
Desconto em compras, treinamentos.	Expansão da marca que as vezes não é conhecida na cidade escolhida para abertura de franquia.
Negócio pronto e organizado	Cumprir com as exigências da marca, trabalhar sob a supervisão da franqueadora, cumprir com o plano de metas.

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

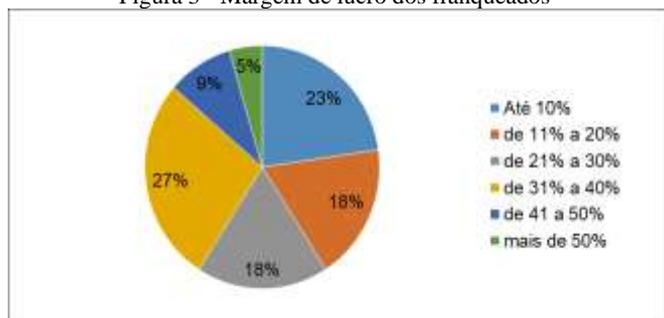
Conforme apresentado no quadro, como vantagem a maioria dos franqueados elenca o quesito marca/produtos reconhecidos, o *marketing* da rede, o suporte oferecido pela marca e troca de experiência entre os franqueados e com o franqueador.

Como desafios frente ao negócio de *franchising*, os franqueados elencam o pagamento dos *royalties* e taxas, seguir a padronização, a burocratização do sistema,

conseguir profissionais qualificados e diminuir a rotatividade.

Os resultados corroboram com os aspectos apontados por Oliveira e Scarinci (2018), no que concerne as principais vantagens e desafios para um franqueado em investir em uma franquia.

Figura 3 - Margem de lucro dos franqueados



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Do total dos entrevistados 5% afirmaram ter uma margem de lucro líquida acima de 50%; para 9% dos franqueados seu lucro é de 41 a 50%; já 18% disseram que o lucro líquido é de 21 a 30%; ainda outros 18% disseram que seu lucro é de 11 a 20%; enquanto que 23% dos franqueados a margem chega até 10% do faturamento e outra parcela, que corresponde a 27% sua margem de lucro está entre 31 a 40%.

Quanto ao grau de satisfação, 86% dos franqueados se sentem satisfeitos com suas franquias. É perceptível a satisfação do franqueado no ramo de franquias, visto que, a maioria encontra-se satisfeito com os suportes oferecidos pelo franqueador, treinamentos e avaliações de desempenho da unidade. Contudo, 27% dos pesquisados não investiriam novamente em uma franquia. Existe uma dificuldade entre os franqueados em aceitar as imposições determinadas pelo contrato, o que torna o negócio inflexível gerencialmente. Porém, maioria desses franqueados vê como uma oportunidade para iniciar seu próprio negócio, com base em seus moldes, cultura e administração, que lhes proporciona maior liberdade nas decisões.

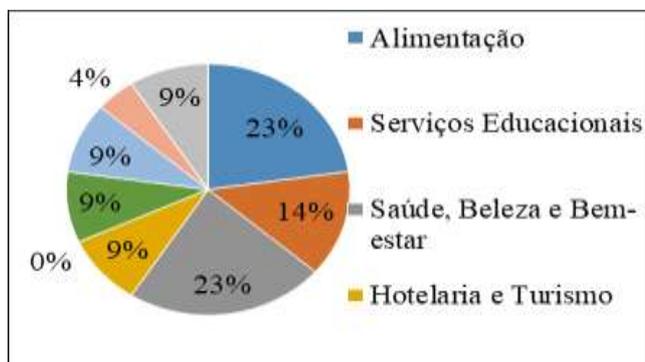
A franquia influencia o desenvolvimento de um local, não só economicamente, mas também social e culturalmente. O que se traduz em uma mudança na população, já que trocam sua cultura por aquela que vem “em pacote”. A franquia, por sua vez, criará mais empregos e a sociedade começará a vê-la como benéfica (LANCHIMBA E MEDINA, 2018).

Em uma análise mais ampla sobre o processo de abertura de franquias percebe-se a satisfação pelo franqueado, especialmente sobre o retorno do investimento, para 77% dos pesquisados a recuperação ocorreu nos três primeiros anos, o que influenciou na motivação em relação a sua existência e expectativas.

Os franqueados foram questionados quanto a taxa de retorno ou margem de lucro líquida como franqueado. Do total 41% dos franqueados informaram que sua margem de lucro é até 20%; enquanto que 45% dos entrevistados informam que sua margem de lucro varia de 21 a 40%.

Vale dizer que existem diversos segmentos em que o *franchising* atua e pode atuar. Quando tratada a quantidade de unidades por segmento elaborados pela Associação Brasileira de *Franchising*.

Figura 4 - Segmentos das unidades franqueadas de Santa Rosa/RS



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

É possível observar que o *franchising* atua diretamente em quase todos os segmentos empresariais, sendo que os segmentos de maior atuação são de alimentação, que representa 23% da totalidade das unidades de franquias, Saúde, Beleza e Bem-Estar, com 23%, e o segmento de Serviços Educacionais corresponde a 14% das unidades.

Isso permite maior compreensão do modelo de negócio, como também do lado gerencial, direcionando melhor as decisões de franqueadores e franqueados. Contribuindo para um melhor dimensionamento do progresso das franquias, em cada fase de maturidade destas unidades (ISAAC *et al*, 2018).

Por fim, o sucesso da *franchising* está atribuído em manter uma fórmula de negócios com criatividade e persistência.

IV. CONCLUSÃO

No cenário atual de empreendedorismo, que se torna cada vez mais concorrido, a *franchising* apresenta-se como um modelo de sistema mais seguro para quem quer investir, pois traz uma marca já consolidada no mercado. Porém, necessita muita dedicação e comprometimento em seguir regras e padrões visando manter uma boa parceria e manter um relacionamento duradouro e rentável para ambas as partes.

Os principais desafios atribuídos pelos franqueados foram alcançar o cumprimento de plano de metas estabelecidas para as franquias da rede, o pagamento de taxas, a padronização da marca e a fidelização. No tocante, as vantagens que os franqueados destacaram foram: o favorecimento do suporte oferecido pela marca, o *marketing* da rede e a troca de experiência entre o franqueador e outros franqueados.

A percepção dos franqueados demonstra que o sistema possui vantagens e desvantagens, que devem ser avaliadas no planejamento e na decisão da implantação da franquia. Além disso, a franquia disponibiliza a Circular de Oferta de Franquia - COF, que deve conter as informações financeiras, as obrigações do franqueado e outros conhecimentos em relação à franquia, irá auxiliar o franqueado na decisão de investir nesse modelo de negócio. Pressupõe-se que para o empreendedor no ramo de franquias é necessário possuir habilidades para gerir o negócio, é preciso estar disposto a aceitar limitações impostas no acordo com o franqueador. Porém, o sucesso do crescimento da *franchising*, está atribuído justamente em manter uma fórmula de negócio com lucratividade.

Vale dizer que no *franchising*, como um acordo contratual, no qual, os franqueados, proprietários

juridicamente independentes, garantem o uso de marca registrada e a venda de produtos e serviços advindos do modelo de negócio desenvolvido por um franqueador, para ser entendido como direito concedido do franqueador para um franqueado em qualquer esfera, como a municipal, deve ser especificado, entre outros requisitos contratuais, quanto a remuneração, o local e o intervalo de tempo para a utilização.

As conclusões desse estudo delimitaram-se a rede de franquias mapeadas e a uma amostra de franqueados que aceitou participar do estudo.

Dentre as limitações do estudo, destacam-se a dificuldade em encontrar órgãos que quantificassem a totalidade de empresas franqueadas no município. Além da dificuldade de coletar dados com algumas empresas, os quais poderiam enriquecer, ainda mais, as análises deste estudo. Contudo, entende-se que o trabalho atingiu, de forma satisfatória, os seus objetivos.

V. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FRANCHISING (ABF). **Números do Franchising mostrando o desempenho do setor**. Disponível em: <<https://www.abf.com.br/numeros-do-franchising/>> Acesso em 10 de abril de 2018. 2018 a.

_____. **Franquia é considerada opção segura para investir**. Disponível em: <<https://www.abf.com.br/franquia-e-considerada-opcao-segura-para-investir/>> Acesso em 28 de outubro de 2018 às 20:38. 2018 b.

_____. **Balanco ABF aponta segmentos que mais cresceram e internacionalização**. Disponível em: <<https://www.abf.com.br/balanco-abf-2017-aponta-segmentos-que-mais-cresceram/>> Acesso em 25 de outubro de 2018. 2018 c.

BRASIL. **Lei Nº 13.966, de 26 de dezembro de 2019**. Dispõe sobre o sistema de franquia empresarial e revoga a Lei Nº 8.955, de 15 de dezembro de 1994 (Lei de Franquia). Brasília/DF, 2019.

CHIAVENATO, I. **Empreendedorismo Dando Asas Ao Espírito Empreendedor**: Empreendedorismo e viabilização de novas empresas: Um guia eficiente para iniciar e tocar seu próprio negócio. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

CICCARELLI, C. D.; QUEIROZ, F. C. B. P.; ARAÚJO JÚNIOR, L. Q.; QUEIROZ, J. V.; LIMA, J. C. F. **Modelagem e formatação de franquias**. ESPACIOS (CARACAS), v. 37, p. 1-5, 2016.

FREITAS, H. *et al.* O método de pesquisa survey. **Revista de Administração da USP, RAUSP**, São Paulo, v. 35, n. 3, p.105-112, 2000.

GIGLIOTTI, B.S. O funcionamento do sistema de franchising. In: MELO, P.L.R.; ANDREASSI, T. (Org). **Franquias brasileiras**: estratégia, empreendedorismo, inovação e internacionalização. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santa-rosa/panorama>>. Acesso em 19 de abril de 2018, 2018.

_____. **Cadastro Central de Empresas**. Rio de Janeiro: 2019. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santa-rosa/pesquisa/19/29761>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

ISAAC, Victor Ragazzi; MELO, Pedro Lucas Resende Melo; BORINI, Felipe Mendes Borini. **Redes de Franquias Estrangeiras e Domésticas em um Mercado Emergente**: Análise Comparativa. Rev. adm. contemp. vol.22 no.1 Curitiba Jan./Feb. 2018. Acessado em 17 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2018160213>.

LANCHIMBA, Cintya; MEDINA, Daniela. **Impacto del franquiciamiento en el desarrollo**. Prob. Des, México, v. 49, n. 193, p. 95-118, jun. 2018. Disponível em <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362018000200095&lng=es&nrm=iso>.

Acessado em 17 fev. 2021. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.193.61283>.

LEITE, R. C. **Franchising**: Na criação de novos negócios. São Paulo: Atlas, 1990.

MAURO, P.C. **Guia do franqueador**: como desenvolver marcas mundiais. 4 ed. São Paulo: Nobel, 2006.

OLIVEIRA, J.C.; SCARINC, R.D. **Análise da evolução do mercado de franquias no Brasil entre 2003 e 2017**. Revista do CEPE. n. 47, p. 131-144, 2018.

SALA DO EMPREENDEDOR. **Dados estatísticos do município de Santa Rosa**. Disponível em: <<https://sustentaveld.wixsite.com/sala-empendedor/dados-economicos>> Acesso em 02 de maio de 2018, 2018.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Pequenos Negócios Em Números**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/sp/sebrae/pequenos-negocios-em-numeros,12e8794363447510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 23 de abril de 2018, 2018 a.

_____. **Como Funciona o Sistema de Franquias**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/com-o-funciona-o-sistema-de-franquias,46cf39407feb3410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em 21 de abril de 2018, 2018 b.

_____. **Conheça o Sistema de Franquias**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conheca-o-sistema-de-franquias,6c9b39407feb3410VgnVCM1000003b74010aRCRD>> Acesso em 01 de novembro de 2018, 2018 c.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 12/01/2021

Aprovado em: 18/02/2021

BIODIESEL NO BRASIL: POTENCIALIDADES E LIMITES À EXPANSÃO DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO

BIODIESEL IN BRAZIL: POTENTIALITY AND LIMITS TO THE EXPANSION OF PRODUCTION AND CONSUMPTION

ALISSON VENICIO DA SILVA BRIZOLLA¹; THALES DE OLIVEIRA COSTA VIEGAS²;
FABIANO GEREMIA³

1 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA¹; 2 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA²; 3 - UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL³

alissonvbrizolla@gmail.com; thales.viegas@ufsm.br; fabiano.geremia@uffs.edu.br

Resumo – A partir do final século passado, intensificaram-se, no mundo, as discussões a respeito do uso indiscriminado de combustíveis fósseis e sobre a importância das fontes de energia renováveis (mais limpas). Neste contexto, o biodiesel emergiu, no Brasil, como uma alternativa capaz de ajudar na diminuição dos efeitos negativos que resultam da queima de combustíveis fósseis (de suas emissões), de forma a contribuir para a constituição de uma Economia Sustentável. O estudo em questão analisa os potenciais, os limites e os resultados das políticas públicas voltadas ao aumento da produção e consumo de biodiesel no Brasil. Este trabalho adota um método qualitativo de investigação, baseado em revisão bibliográfica e análise de dados. Os resultados apontam que preocupações ambientais relativas à segurança energética impulsionaram a produção e o consumo de biodiesel no Brasil, sustentados por mandatos de adição de biodiesel ao diesel. Contudo, conclui-se que o seu custo econômico, relativamente elevado, bem como barreiras tecnológicas limitam o aumento da utilização deste biocombustível no Brasil.

Palavras-chave: Biodiesel. Políticas Públicas. Sustentabilidade. Mercado.

Abstract - Since the end of the last century, discussions, around the world, regarding the indiscriminate use of fossil fuels and the importance of renewable (cleaner) energy sources have intensified. In this context, biodiesel has emerged, in Brazil, as an alternative capable of reducing the negative effects of emissions resulting from the burning of fossil fuels, contributes to the constitution of a Sustainable Economy. This paper analyzes the potentials, limits, and results of public policies to increase biodiesel production and consumption in Brazil. This work adopts a qualitative method based on bibliographic review and data analysis. The results show that environmental and energy security concerns have boosted biodiesel production and consumption in Brazil, supported by mandates to add biodiesel to diesel. However, it is concluded that the relatively high economic cost and technological barriers limit the increased use of this biofuel in Brazil.

Keywords: Biodiesel. Public Policy. Sustainability. Market.

I. INTRODUÇÃO

A humanidade depende, de forma significativa, de energia, seja por sobrevivência, por hábito ou por garantia do bem-estar humano. A energia atende diversas necessidades do cotidiano da sociedade, desde o transporte às demandas

residenciais. A partir da “Segunda Guerra Mundial” o petróleo passou a ser a principal fonte de energia consumida no mundo, porém sabe-se que tal fonte apresenta escassez relativa por não ser renovável. Diante disso, torna-se necessário inovar, buscando outras fontes eficientes de geração de energia, bem como melhores resultados em termos de eficiência energética. A análise dos dados de demanda de energia no mundo e no Brasil, aponta a importância do consumo do setor de transportes, em geral, dos derivados de petróleo, e em particular, do diesel. Este é o principal combustível utilizado no Brasil, tendo em vista a eleva relevância de sua participação no país.

Com o fito de reduzir a utilização de recursos energéticos finitos, o biodiesel se apresentou como uma alternativa para a substituição de parte do diesel mineral consumido no Brasil. Segundo Lima *et. al* (2014), no momento de sua introdução na matriz energética brasileira acreditava-se na intensificação crescente de sua viabilidade técnica e econômica como fonte de combustível, contudo até o momento esse processo encontra limitações, especialmente técnicas.

A política pública que impulsionou a produção de biodiesel no Brasil foi o “Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel” (PNPB), introduzida pela lei 11.097/2005, a qual estabeleceu objetivos, linhas de financiamento, tecnologia, arranjo institucional do biodiesel e ainda definiu biodiesel como: “combustível derivado de biomassa renovável para o uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento para outro tipo de geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL, 2005). Embora uma das prioridades do programa tenha sido fomentar a agricultura familiar de oleaginosas diversas, a que mais se viabilizou técnica, logística e economicamente foi a cultura da soja, por sua elevada tecnificação e produtividade. Contudo, boa parte da produção de soja é realizada por grandes produtores e não atende ao anseio supramencionado.

De fato, diante da necessidade (mundial) de buscar novas fontes energéticas, conforme analisado por Fernandes *et. al* (2020), para substituir parte da demanda pelos combustíveis já utilizados, têm sido realizadas, nos últimos anos, importantes e aceleradas inovações na esfera da produção e nos dispositivos de consumo de energia. Com

isso, tem sido possível constituir uma tendência de mitigação crescente de uma parcela dos diversos impactos negativos, para o meio ambiente, associados aos processos de produção e consumo de energia, em suas diferentes modalidades. A implementação de novas tecnologias que aumentam a eficiência energética e melhoram o desempenho dos equipamentos, ajudam na redução de custos e na massificação do emprego de energias renováveis. Exemplos disso são as evoluções das trajetórias tecnológicas dos veículos *flex*, híbridos e elétricos.

De acordo com Braga e Braga (2012), o setor de transportes é um dos maiores responsáveis pelo consumo de derivados de petróleo no mundo. Com isso, eventuais metas de eficiência energética, requeridas dos fabricantes de veículos, visam estabelecer padrões de desempenho e limites de consumo energético. Os países também podem estabelecer patamares máximos de emissão de gases poluente e ruídos por veículos automotores, a partir de regulamentos que estabelecem testes normalizados e procedimentos que visam diminuir a geração de poluição local.

Neste contexto, este artigo buscou realizar uma análise comparativa dos preços do combustível diesel e biodiesel (vendido, pelos produtores, nos leilões da Agência Nacional do Petróleo – ANP), bem como da avaliação da evolução da produção e do consumo do biodiesel nos meios de transportes. O estudo buscou responder a seguinte pergunta: “quais os potenciais, os limites e os resultados das políticas públicas (mandatos) voltadas ao aumento da produção e consumo de biodiesel no Brasil?” Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apontar as potencialidades e os limites de crescimento da produção e consumo de biodiesel no Brasil. Este trabalho aponta alguns benefícios ambientais e econômicos-sociais do emprego deste recurso energético, os quais estão alinhados com a busca pelo desenvolvimento sustentável, que é perseguido por diversas nações. Na próxima seção será apresentada uma revisão bibliográfica para fundamentar a discussão sobre o tema em tela.

II. REVISÃO DE LITERATURA

Os esforços no sentido de diversificar a matriz energética dos países reflete uma busca pela segurança energética local, mas também resulta de uma demanda política internacional em ascensão, no sentido de tornar mais sustentáveis as atividades humanas. Goel, Kumar e Singh (2018) lembram que muitas nações vêm priorizando, nas agendas de políticas públicas, a redução da poluição causada pelo consumo de combustíveis, oriundos de fontes convencionais (não renováveis), bem como tendem a ampliar os incentivos à produção e ao consumo de energias renováveis. Para os autores, o único caminho para o desenvolvimento sustentável é a adoção de fontes de combustível ecologicamente corretas e renováveis.

Existem biocombustíveis produzidos a partir de diferentes paradigmas, conformando biocombustíveis de primeira, segunda e terceira gerações. Cada uma dessas utiliza fontes distintas, embora a estrutura química do biocombustível seja a mesma. A primeira geração de biocombustíveis é aquela gerada a partir de um processo produtivo relativamente simples, que utilize como matéria-prima alimentos, tais como: cana de açúcar, milho, gorduras animais e óleo vegetal (extraído da soja, por exemplo). O emprego desses itens para gerar biocombustíveis não é sustentável, diante da possível competição que pode se estabelecer entre a oferta destes alimentos para o consumo

humano e o suprimento das referidas matérias-primas para a produção de biocombustíveis. Esta é a diferença básica entre as duas primeiras gerações de biocombustíveis. A segunda geração obtém o produto com insumos que não são alimentos, a exemplo de: madeira, subprodutos da agricultura, lixo municipal ou restos de óleo vegetal (exemplo, utilizados em frituras). As algas constituem a principal fonte dos biocombustíveis de terceira geração (OUMER *et al.*, 2018).

Constata-se, portanto, que novas fontes energéticas (processos e insumos) vêm sendo desenvolvidas, de modo a ampliar o espectro de possibilidades de produção de energias renováveis, em geral, e biocombustíveis, em particular. Tais fontes contribuem para a redução da dependência de combustíveis fósseis, que estão sujeitos às oscilações do mercado internacional e de eventos geopolíticos, que afetam os preços do petróleo. No entanto, há ainda grandes gargalos a serem superados para a produção de biocombustíveis, em escala comercial (economicamente viável), a partir dessas novas fontes (de 2ª e 3ª gerações de biocombustíveis). Para superar os desafios na oferta desse tipo de energia são necessários esforços cooperativos globais voltados ao desenvolvimento da metodologia de cultivo dos insumos e no avanço das tecnologias de produção dos biocombustíveis (KOUR *et al.*, 2019). Neste sentido, Kumas e Akyuz (2020) afirmam, por exemplo, que a indústria dos biocombustíveis evoluiu bastante utilizando nanotecnologia. Para transformar a matriz energética brasileira na direção de um padrão mais sustentável (aderente à “economia verde”) é essencial o desenvolvimento de tecnologias que viabilizem (técnica e economicamente) a produção (em escala comercial) e a utilização massiva de energias renováveis, em geral, e da bioenergia, em particular. A insuficiência de tecnologias adequadas pode redundar na perda de uma oportunidade ímpar de aproveitar as vantagens comparativas do país na produção de energias limpas, dificultando o alcance de altos padrões de desenvolvimento sustentável (SAMPAIO, 2017).

O emprego de biocombustíveis está associado à noção de desenvolvimento sustentável, no qual se inclui outras categorias, para além das dimensões econômica e social deste fenômeno (desenvolvimento). Segundo Mancebo e Sachs (2015), a Sustentabilidade deve ser analisada a partir de uma visão holística, que transcenda a gestão dos recursos naturais, de modo a se manifestar também aspectos sociais, ambientais e econômicos, espaciais ou geográficos e culturais.

Ademais, Dias (2009) se propõem a analisar a sustentabilidade do biodiesel de primeira geração no Brasil: i) na dimensão ambiental contribui para reduzir a emissão de gases de efeito estufa; ii) na dimensão econômica, diminui a dependência do petróleo, eleva a ocupação da capacidade instalada de esmagadoras de soja e gera subprodutos comercializáveis; iii) na dimensão social tem potencial para incluir um número significativo de agricultores familiares na oferta de oleaginosas, bem como ampliar a produção de biodiesel sem afetar a segurança alimentar ao incorporar novas fronteiras agrícolas da floresta amazônica.

Cumprir notar que esta última constatação não é consenso na literatura, pelo contrário, suscita muito debate tanto na esfera social, pela competição por gêneros alimentares (pressiona a inflação de alimentos), quanto na dimensão ambiental, por expandir a ocupação da floresta amazônica. Mancebo e Sachs (2015), por exemplo, apontam que a utilização da bioenergia requer uma avaliação cuidadosa do conflito potencial pelos escassos recursos terrestres entre a produção de alimentos e a de energia, o qual

não ocorre no caso dos biocombustíveis de segunda e terceira gerações. Os autores apontam que o Brasil tem terras agrícolas disponíveis o suficiente para arcar com a produção de alimentos e bioenergia, desde que isso não aconteça às custas de desmatamentos florestais, pois as florestas são sumidouros de carbono e geram outros benefícios ambientais, sociais e econômicos quando preservadas.

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2018), externalidade é o efeito da produção ou consumo que não se reflete no mercado (nos preços, ou seja, no seu valor social). Resulta da ação de um produtor ou consumidor, que afeta outros agentes econômicos (ou cidadãos), sem que os atingidos tenham escolhido tal situação ou sem que haja compensação pelo mecanismo de mercado. Em casos de externalidades negativas, os produtores contabilizam apenas custos privados, desconsiderando os custos externos daquela produção. Logo, os efeitos negativos para a sociedade não são contemplados no cálculo econômico do produtor. Tal situação pode motivar o poder público a tributar ou desincentivar a referida produção. Analogamente, por outro lado, as externalidades positivas envolvem benefícios sociais superiores aos seus custos de produção e podem ser incentivados pelo poder público.

No caso específico da bioenergia (biocombustíveis), Mancebo e Sachs (2015) indicam a presença de externalidades positivas, tais como: i) contribuição para a segurança energética; ii) redução dos gases de efeito estufa emitidos pela queima de combustíveis fósseis; iii) produção renovável deste tipo de energia; iv) geração emprego e renda. Já as externalidades negativas se associam a: i) ameaça à segurança alimentar, associada à potencial competição das culturas oleaginosas com o cultivo de alimentos; ii) riscos ambientais pela expansão de fronteiras agrícola; iii) utilização de combustíveis fósseis pelo maquinário agrícola.

Outra externalidade apontada por Ribeiro et al. (2018) teria sido gerada pela instituição do “Selo Combustível Social”, requerido na compra de matéria-prima, em especial, da soja, por parte usinas de biodiesel. A região Sul contém o maior número de cooperativas de agricultores familiares e um nível mais elevado de desenvolvimento tecnológico. Ademais, como a estrutura fundiária do Sul tende a apresentar maior número de agricultores familiares produzindo soja do que noutras regiões, as usinas localizadas no Centro-Oeste são obrigadas a adquirir a matéria-prima (soja) de agricultores familiares sulistas, o que gerou uma externalidade negativa no mercado para os usineiros sulistas que sofrem com a inflação deste insumo, no mercado local, derivada da competição com produtores de biodiesel de outras regiões. Contudo, cumpre notar que os biocombustíveis, em linhas gerais, tendem a apresentar um balanço energético e ambiental positivo, o que justifica, em princípio, o seu incentivo no Brasil. A próxima seção aborda a metodologia deste trabalho.

III. METODOLOGIA

O método adotado na pesquisa foi qualitativo, abordando aspectos históricos e o cenário atual das políticas públicas, bem como dos resultados em termos de produção e de evolução técnica, correlatas ao setor de biodiesel. A importância do tema está associada à necessidade de encontrar alternativas referentes às novas energias que visem proporcionar um bom desempenho, gerando assim consequentemente um menor impacto ambiental.

No método qualitativistas os pesquisadores ocupam-se com os processos, ou seja, querem saber como os fenômenos ocorrem naturalmente e como são as relações estabelecidas entre eles. Segundo Moreira (2018), a pesquisa qualitativa analisa fenômenos específicos, associados ao cenário do mundo real, em que o pesquisador não procura manipular o fenômeno de acordo com o seu interesse. Para Turato (2003) a abordagem qualitativa se refere a estudos de significados, significações, ressignificações, representações psíquicas, representações sociais, simbolizações, simbolismos, percepções, pontos de vista, perspectivas, vivências, experiências de vida e analogias.

Os textos utilizados na análise foram selecionados a partir da base de dados Capes, em que se buscou somente os periódicos revisados por pares, com o corte temporal dos últimos 5 anos, no entanto quando esse corte não foi suficiente ampliou-se o horizonte temporal para os últimos 10 anos. Para análise das políticas foram analisados os aspectos normativos através da análise dos objetivos, metas, instrumentos legais e de implementação, apresentados nos principais documentos de política lançadas no âmbito do Governo Federal e nas agências regulatórias.

As técnicas de análise partiram do entendimento da evolução do programa de biodiesel no Brasil, com destaque para os potenciais, os limites e os resultados das políticas públicas direcionadas a produção e ao consumo de biodiesel como alternativa energética sustentável para o Brasil.

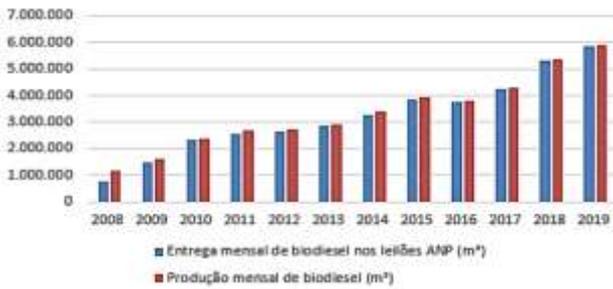
IV. RESULTADOS

A busca pela diversificação da matriz energética dos países reflete uma busca pela segurança energética local, mas também resulta de uma demanda política internacional em ascensão. O acesso às modernas fontes renováveis de energias apresenta duas importantes virtudes: i) o abastecimento de energia e; ii) redução dos danos ao meio ambiente. Por essa razão a energias renováveis passaram a fazer parte da agenda política da maioria dos países (SILVA, 2017). Dito de outra forma, busca-se produzir as energias renováveis contemporâneas da forma mais sustentável possível, considerando preocupações ambientais que transcendem a emissão de gases de efeito estufa no consumo da energia. Há uma preocupação crescente com os efeitos indiretos da produção de um tipo de energia e com o seu ciclo de vida energético, com efeitos ambientais líquidos dos processos de produção e consumo da referida energia.

No Acordo de Paris, assinado pelo Governo Brasileiro em 2016, o Brasil se comprometeu a aumentar a participação de biocombustíveis na matriz energética brasileira, ao estabelecer o compromisso de reduzir em 37% as emissões de carbono até 2025. Foi criada assim, a Política Nacional dos Biocombustíveis (RenovaBio). A mais nova Política de Estado para os Biocombustíveis passou a existir no nosso ordenamento jurídico com a promulgação da Lei no 13.546/2017, que, além de fomentar um modelo de redução de emissões de carbono, trouxe previsibilidade, sustentabilidade ambiental, econômica e social sobre o papel dos biocombustíveis na matriz de combustíveis do País (MME, 2020).

No Brasil, em 2018, foram consumidos 5,4 bilhões de litros de biodiesel, o que representa um aumento de 26,7% em relação a 2017. No ano de 2019 a produção se aproximou dos 6 bilhões de litros. A figura 1 evidencia que a produção e a comercialização do biocombustível vêm crescendo consideravelmente nos últimos anos.

Figura 1 – Evolução da Produção de biodiesel



Fonte: Abiove, 2020

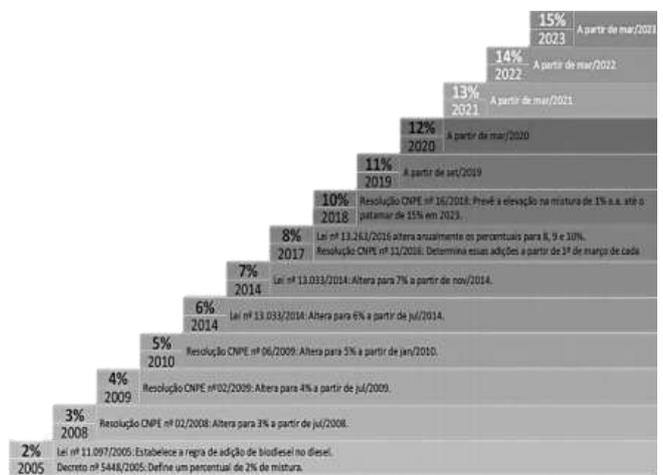
De 2017 para 2018 houve a elevação direta de dois pontos percentuais de adição obrigatória do biodiesel ao diesel fóssil, atingindo a mistura B10. Em virtude do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), foram produzidos, mais de 40,5 bilhões de litros deste biocombustível entre 2005 (início do programa) e 2019. Comparativamente, o Brasil vem mantendo sua posição de segundo maior produtor e consumidor de biodiesel no ranking internacional, antecedido pelos EUA, e sucedido pela Alemanha e Argentina (MME, 2017; ABIOVE, 2020).

Como se pode notar na figura 2, embora a Lei no 13.263 (MME, 2016) tivesse a previsão de aumento do percentual mandatório de biodiesel para 9% em março de 2018, a Resolução CNPE n° 23, de 09 de novembro de 2017 (CNPE, 2017) determinou que a adição obrigatória, em volume, passasse a ser diretamente de 10% naquela data, em qualquer parte do território nacional. Ainda assim, foram mantidas as possibilidades de incremento de até 15% previstas na lei, após a realização de testes específicos.

A obrigatoriedade mínima do percentual de biodiesel passou a ser discutida a partir da Resolução CNPE no 16/2018, que autoriza a ANP a fixar a adição de até 15% de biodiesel óleo diesel vendido ao consumidor final. O aumento desse percentual, contudo, foi condicionado à prévia realização de testes e ensaios em motores para determinar a sua viabilidade técnica. Para isso, foi criado um grupo de trabalho coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que concluiu pela necessidade de alterações na especificação do combustível que garantam o aumento da sua estabilidade, apontada como principal causa para a formação de depósitos em filtros e injetores.

A Portaria MME n° 80 (MME, 2017) tratou dos ensaios relativos à viabilidade do B15 e o relatório final destes ensaios apontou que algumas empresas atingiram resultados positivos e indicaram que as misturas B15 ou até mesmo B20 são viáveis. Contudo, outras empresas indicaram que obtiveram resultados negativos no emprego da mistura B15 (MME, 2019).

Figura 2 - Evolução do teor percentual obrigatório de biodiesel



Fonte: EPE 2020 - a partir de BRASIL (2005, 2014, 2016); CNPE (2008, 2009a, 2009b, 2016, 2018, 2019).

Com a obrigatoriedade do uso do biodiesel no combustível brasileiro, há um crescente consumo do mesmo no decorrer dos anos comparado ao diesel fóssil, como pode-se perceber na figura 3.

Figura 3 - Consumo final de biodiesel



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2020.

O termo transporte sustentável é uma parte constituinte do desenvolvimento sustentável, sendo utilizado para descrever os modos de transportes e sistemas de planejamento que são coerentes com as preocupações mais amplas da sustentabilidade. O transporte sustentável é o contraponto às formas de locomoção que requerem grande quantidade de energia para a construção, o funcionamento e manutenção de infraestruturas de transporte que requerem elevadas magnitudes de combustíveis de origem não renovável (MELO CORREIA, 2019).

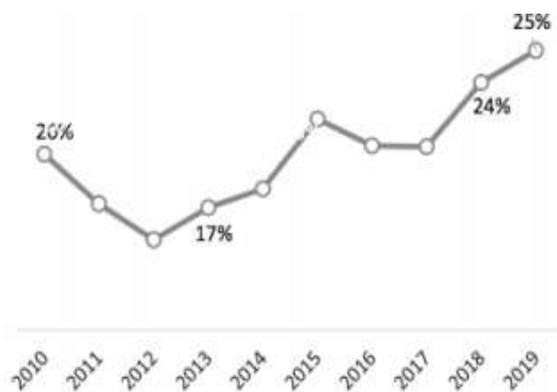
Na análise desenvolvida por Souza Lima, Silva e Neto (2019) evidencia-se que o sistema de transporte é o maior emissor de CO₂ no Brasil, bem como a proporção de viagens por modais de transporte que envolvem a queima de combustíveis fósseis é muito alta no país. O emprego de biodiesel e a eletrificação dos veículos rodoviários conformam alternativas importantes para reduzir o problema da poluição atmosférica. Conforme a figura 4 (apresentada abaixo) pode-se perceber o aumento da participação das energias renováveis nos transportes.

As empresas que se habilitaram ao Novo Regime Automotivo Brasileiro, o que estava previsto, inicialmente,

para vigorar entre 2013 e 2017, comprometeram-se, a melhorar (reduzir) o consumo de combustível de seus veículos em troca de benefícios tributários. O objetivo desta política pública era gerar benefícios econômicos e ambientais à sociedade brasileira, que passaria a ter acesso a veículos mais econômicos e que emitiriam menos poluentes. Aquela empresa que não atingisse essa melhoria deveria pagar multa, a qual estava estabelecida no texto do novo regime automotivo (ALMEIDA FILHO, 2018). No Brasil, o desafio da formulação e execução de políticas desta natureza é o histórico de descontinuidade delas, que em geral ganham caráter de políticas de governo e não de políticas públicas de Estado e, portanto, de longo prazo.

Naquele contexto de políticas voltadas à sustentabilidade, o biodiesel se caracteriza como uma alternativa de energia renovável que contribui, além de tudo, para a diminuição de emissão de gases poluentes. Os gases emitidos na combustão, dos motores que operam com biodiesel, não contém óxidos de enxofre, principal causador da chuva ácida e de irritações das vias respiratórias. Além de diversificar a matriz energética, em tese, a produção de biodiesel carrega consigo a possibilidade de expandir a demanda por produtos agrícolas, promovendo, assim, oportunidades de emprego e renda para a população rural. Parte dos postos de trabalho gerados podem estar associados à agricultura familiar.

Figura 4 - Participação das energias renováveis nos transportes



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2020.

Dados da EPE (2020) apontam que, em 2019, dos 8,8 milhões de toneladas de óleo de soja produzidos no Brasil, 1 milhão foi exportado e 7,9 milhões foram consumidos internamente, dos quais 3,7 milhões foram utilizados como biodiesel. Segundo dados da ANP, na matriz veicular nacional, de 2019, o óleo diesel A correspondeu a 45% do consumo de combustíveis do país. Já o biodiesel equivaleu a 4,9% dessa demanda naquele ano. Essas informações evidenciam o diesel atende à cerca da metade da necessidade de transporte veicular no Brasil (ANP, 2020).

Apesar do Brasil ainda ter o óleo diesel como principal fonte de combustível, o país possui uma diversidade grande de combustíveis utilizados. Em se tratando de emissão de gás poluente, o dióxido de carbono (CO₂) é comumente lembrado como causador do efeito estufa. A queima de combustíveis fósseis é uma das principais responsáveis pelas emissões de dióxido de carbono (CO₂), o principal gás do efeito estufa (ALMEIDA FILHO, 2018).

Diferentemente das questões que surgiram nos Estados Unidos e na Europa quando colocada em pauta a discussão

sobre eficiência energética em veículos automotores, no Brasil, os fundamentos são dessemelhantes. Na Europa, o principal tema abordado foi a redução de emissão de CO₂ por meio da redução de consumo de combustível, pois as tecnologias alternativas, como o carro elétrico e os combustíveis alternativos, não eram viáveis naquele momento. Já nos Estados Unidos, o programa de eficiência energética foi iniciado num período de alta do preço do petróleo no mercado mundial (COSTA, 2017).

Ainda de acordo com Souza Lima, Silva e Neto (2019) a utilização de carros elétricos é impulsionada pela preocupação crescente com a qualidade do ar no âmbito urbano, bem como pelas emissões de gases de efeito estufa e pela redução potencial dos custos operacionais dos veículos elétricos. Ademais a transição energética no sentido de aumentar o tamanho relativo da frota elétrica nos transportes públicos ainda envolve alguns desafios significativos. Contudo, há cidades que já começaram este processo. Entre os maiores problemas está o elevado investimento inicial requerido para a compra dos ônibus elétricos, se comparados àqueles movidos a diesel, bem como a incerteza correlata ao valor residual do veículo após o fim da sua vida útil.

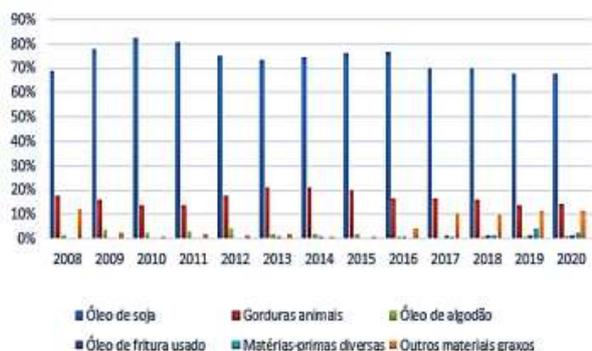
A produção do biodiesel pode ser advinda de diferentes tipos de óleos vegetais, desde os mais comuns, como o óleo de soja, o de canola ou o de palma. Também poderiam ser utilizados óleos e gorduras de animais, como o óleo de peixe ou o sebo bovino. Sua principal vantagem é que a utilização elimina várias formas de agressão ao meio ambiente, que são inevitáveis com o uso de combustíveis fósseis.

De acordo com o que mostra a figura 5, a matéria-prima que vem sendo mais utilizada para a produção do biodiesel é a soja, a qual possui uma vasta cadeia produtiva, com produção em larga escala no Brasil. A soja é a principal fonte de biodiesel do Brasil. Em 2008, o óleo de soja correspondia a cerca de 70% da matéria-prima utilizada para a produção do biodiesel. No período de 2015 e 2016, esse percentual chegou por volta dos 75%, já no ano de 2020 esse número reduziu para menos de 70%, o que caracteriza uma menor utilização do mesmo na produção total do produto final.

Entre os anos de 2010 e 2020 o percentual do biodiesel originário da soja se reduziu consideravelmente, o equivalente a mais de 10%, mesmo sendo a matéria-prima mais utilizada, houve uma significativa queda no seu uso devido ao seu alto valor agregado. Com isso, as gorduras animais e outros materiais graxos vêm sendo cada vez mais utilizados na sua produção, assim como mostra a Figura 5.

De acordo com a ABIOVE, o biodiesel brasileiro tem apresentado, nos leilões realizados, valores financeiros equivalentes aos do diesel nacional na maior parte dos anos da série histórica. Neste contexto, o aumento do biodiesel na composição do diesel não se justifica por motivos propriamente econômicos (por maior eficiência em custos na sua produção), mas por razões ambientais. Além disso, os dados do diesel importado, apontam que este produto é adquirido pelo Brasil a um preço inferior ao daquele produzido internamente e, portanto, ao preço do biodiesel nacional.

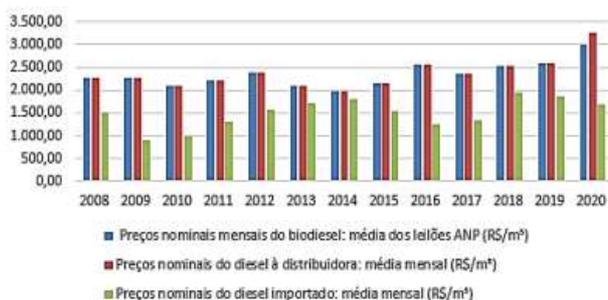
Figura 5 - Produção de biodiesel por matéria-prima (%)



Fonte: Abiove, 2020.

As oscilações do preço do diesel importado foram superiores às do diesel nacional e ao do biodiesel durante os anos de 2008 a 2020. Os preços do diesel importado variaram consideravelmente e apresentaram um dos seus maiores patamares no ano de 2018. Todavia, mesmo com um valor alto, ele ainda se torna inferior quando comparado ao diesel nacional ou se comparado ao biodiesel. Já no ano de 2020, uma análise importante a ser feita é que o preço do diesel nacional à transportadora aumentou significativamente, superando até mesmo do valor por metro cúbico do biodiesel. Seu valor chegou a cerca de R\$ 3.250/m³, o que é praticamente o dobro do valor do diesel importado, que se manteve em torno de R\$ 1.700/m³.

Figura 6 - Comparativo de preço da composição do diesel nacional por metro cúbico



Fonte: Abiove, 2020.

Neste contexto, os custos econômicos do biodiesel podem representar um desafio para a aceleração do crescimento da produção e consumo de biodiesel no Brasil. Tendo em vista que o insumo predominante na produção de biodiesel no Brasil é a soja, ela constitui o principal insumo da produção deste biocombustível. Nas duas primeiras décadas deste século, o preço da soja tem oscilado em patamares relativamente elevados, basicamente pelos seguintes elementos: i) alta demanda mundial, em especial da China; ii) eventuais quebras de safra, que frustram seguidas safras recordes da *commodity*; iii) tendência à depreciação do dólar, em âmbito global, em determinados períodos; iv) taxa de câmbio brasileira relativamente desvalorizada. Por exemplo, segundo dados do CEPEA-USP, o preço da saca de soja era de R\$ 88,56 no dia 13/01/2020 e atingiu o valor de R\$ 170,68 no dia 13/02/2020, o equivalente a um aumento de cerca de 93% na cotação do produto, em reais, ao longo de apenas um ano.

Em suma, preços elevados da soja, principal insumo do biodiesel, elevam o custo de produção deste biocombustível

e reduzem a competitividade dele em relação a outras fontes de energia.

V. CONCLUSÃO

Ao longo do trabalho objetivou-se entender a forma que os países estão agindo diante do cenário atual e do desafio de encontrar alternativas energéticas que proporcionem um melhor desempenho e, principalmente, gerem menos impacto ambiental. Diante disso, foram analisados fatores que reduzem a poluição e mantêm um bom desempenho dos veículos movidos à diesel, bem como que utilizem combustível com mistura incorporando biodiesel.

Constata-se que os biocombustíveis, em geral, e o biodiesel, em particular, têm se mostrado muito importantes para os propósitos de desenvolvimento sustentável de diferentes países. A utilização de biocombustíveis ajuda a diminuir os impactos ambientais negativos causados pelos combustíveis fósseis, que são comumente usados, principalmente no Brasil. Os mandatos de adição de biodiesel ao diesel, bem como as políticas públicas e as inovações associadas ao incremento da produção e do consumo de biocombustíveis, geraram direta ou indiretamente postos de trabalho e renda ao longo da cadeia produtiva e externalidade positivas (redução de emissões de gases) ao meio ambiente.

Os dois principais fatores que fazem com que o biodiesel não seja utilizado em mais larga escala são: i) o custo elevado dos seus insumos e, conseqüentemente, o custo econômico de sua produção, que ainda é relativamente alto. Embora o preço do diesel brasileiro seja equivalente ao do biodiesel, os patamares de preço do diesel importado são, em média, historicamente menores do que aqueles cobrados pelo diesel e biodiesel nacionais. Neste contexto, os veículos elétricos emergem como opções competitivas quanto aos custos do combustível (energia elétrica) e analogamente sustentáveis do ponto de vista ambiental.

Em resumo a adição de biodiesel ao diesel tem algum potencial, especialmente se for fomentado por políticas públicas que visem a redução dos desequilíbrios regionais e fortaleçam culturas e regiões menos desenvolvidas. Contudo, a adição de biodiesel apresenta como principal limitação a dependência excessiva do óleo de soja, que na condição de *commodity* apresenta elevada volatilidade de preços, diante influenciados pela demanda do mercado externo. Assim, a alta oscilação do preço da soja in natura impacta decisivamente o êxito das políticas públicas de adição de biodiesel implementadas, já que em momentos de alta de preço, a oferta de soja direciona-se majoritariamente para o mercado externo. Ademais, a necessidade de matérias-primas para a produção do biodiesel, não raro, se mantém abaixo da disponibilidade destas. Tais circunstâncias conformam incertezas associadas ao abastecimento de biodiesel, de primeira geração, no Brasil.

Entre as limitações deste estudo está o fato de não haver dados públicos que permitam uma análise *bottom up* das estruturas de custos das unidades produtivas de biodiesel. Tais informações permitiriam uma análise de outros componentes decisivos nos custos do biodiesel, para além do preço da soja, que é cotado no mercado internacional por sua característica de *commodity* largamente exportada pelo Brasil. O que se pode verificar é que a tendência recente de aumento dos preços da soja, principal insumo do biodiesel, eleva o custo de produção deste biocombustível e reduz a competitividade do biodiesel em relação a outras fontes de energia. Portanto, o avanço do programa de biodiesel no

Brasil está relacionado a superação dos gargalos das fontes de oleaginosas de primeira geração.

VI. REFERÊNCIAS

- ABIOVE. Associação brasileira de óleos vegetais. São Paulo, 2020. Disponível em <https://abiove.org.br/estatisticas/>. Acesso em 30 de junho de 2020.
- ALMEIDA FILHO, Gilberto Martins de. **Programa Inovar-Auto**: atendimento das metas de eficiência energética e suas externalidades. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3149/tde-16072018-140145/pt-br.php>. Acesso em 10 de junho de 2020.
- ANP. Seminário de Avaliação do Mercado de Combustíveis 2020 (Ano-Base 2019). 2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/palestra/5627-seminario-de-avaliacao-do-mercado-de-combustiveis-2020-ano-base-2020>. Acesso em: 12 dez 2020.
- ARAÚJO, de Abreu Renno. Amazônia Brasileira: Um Estudo do Agronegócio da Soja no Pará no período de 2008 a 2018. **Educação Ambiental em Ação**, v. 19, n. 73, 2020.
- BRAGA, Cintia Freire Vieira; BRAGA, Lamartine Vieira. **Desafios da energia no Brasil**: panorama regulatório da produção e comercialização do biodiesel. Cad. EBAPE.BR, v. 10, nº 3, opinião 4, Rio de Janeiro, Set. 2012
- BRASIL. **Lei no 11.097**, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002. Regulamentado o § 1o do art. 38 2o pelo DECRETO No 5.448, DE 20 DE MAIO DE 2005. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13, jan. 2005. Disponível em: <http://www.soleis.adv.br/>. Acesso em 15 de abril de 2020.
- CARVALHO, Otávio.; OLIVEIRA, Luciano S.; CRUZ, Glauber. Impactos Ambientais Gerados pela Modernização no Sistema Agrícola Mundial. **Revista SODEBRAS [on line]**. v. 14, n. 160, p. 72-75, Abr/2019. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.160.72>.
- CEPEA/USP - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicador da Soja ESALQ/BM&FBOVESPA – PARANAGUÁ. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/br>. Acesso em 10 outubro de 2020.
- CNPE. (2017). **Resolução CNPE no 23**, de 09 de novembro de 2017. Estabelece a adição obrigatória de diesel, em volume, de dez por cento de biodiesel vendido ao consumidor final. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-ecomites/cnpe/cnpe-2017 Acesso em 01 de junho de 2020.
- COSTA, J. O. P.; **A eficiência energética e o PBE-V**: breve relato, 08/2017, Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, Vol. 52, pp.23-26, Brasília, DF, Brasil, 2017.
- DIAS, Marcelo Fernandes Pacheco et al. Análise da sustentabilidade da produção de biodiesel de soja no Brasil. **Revista de Administração**, v. 8, n. 14, p. 13-45, 2009.
- EPE. Empresa de pesquisa energética. Balanço Energético Nacional. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em 17 de setembro de 2020.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Análise de conjuntura dos biocombustíveis. p. 01-79. EPE - MME - Ministério de Minas e Energia. 2020.
- FERNANDES, Fábio Matos; MARTINS, Luís Oscar Silva; SILVA, Marcelo Santana; FREIRES, Francisco Gaudêncio Mendonça. **Pesquisa com Biodiesel na UFBA**: uma análise a partir das teses e dissertações produzidas entre 2005-2019 com aplicação da lei de Lotka. Inf. & Soc.:Est., João Pessoa, v.30, n.2, p. 1-26, abr./jun. 2020.
- GOEL, Varun; KUMAR, Naresh; SINGH, Paramvir. Impact of modified parameters on diesel engine characteristics using biodiesel: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2716-2729, 2018.
- KOUR, D., Rana, K. L., Yadav, N., Yadav, A. N., Rastegari, A. A., Singh, C., & Saxena, A. K. (2019). Technologies for biofuel production: current development, challenges, and future prospects. In: **Prospects of renewable bioprocessing in future energy systems** (pp. 1-50). Springer, Cham.
- LIMA, Dario Oliveira; SOGABE, Vergílio Prado; CALARGE, Tania Cristina Costa. Uma Análise sobre o Mercado Mundial do Biodiesel. **Caderno Profissional de Marketing (CPMARK)**. Piracicaba. v.2, n.1 (2014).
- MANCIBO, François; SACHS, Ignacy (Ed.). **Transitions to sustainability**. Springer Netherlands, 2015.
- MELO CORREIA, Luiz Fernando; GALVES, Maria Lucia. Apoio ao planejamento do transporte metropolitano sustentável. **Transportes**, v. 27, n. 1, p. 31-47, 2019.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. Balanço Energético Nacional. Brasília: Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético: Brasília, 2016.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME (2017b). Boletim dos biocombustíveis. Edição no 109, maio/junho. Ministério de Minas e Energia, Brasília. Disponível em www.mme.gov.br. 10 de maio de 2020.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Relatório de consolidação dos testes e ensaios para validação da utilização de Biodiesel B15 em motores e veículos. 28 de fevereiro de 2019. Disponível em <https://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/simea2019/PAP77.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME (2017a). **RenovaBio**. Disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio>. Acesso em 17 de setembro de 2020.
- MOREIRA, Herivelto. Critérios e estratégias para garantir o rigor na pesquisa qualitativa. **Revista brasileira Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 405-424, jan./abr. 2018.

OUMER, A. N. et al. Bio-based liquid fuels as a source of renewable energy: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 88, p. 82-98, 2018.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Microeconomics**. 9a Edição. Global ed. 2018.

RESENDE, Kallienny Costa; ARAGÃO, Thiago Ricielli de Paula. Influência de duas variáveis sobre o preço do biodiesel vendido em leilões públicos. **Revista iPecege**: 80-88, 2016.

RIBEIRO, Cássio Garcia; ALBA NETO, Henrique Belluzo; SENE, Túlio Silva. A oscilação do preço do petróleo: uma análise sobre o período entre 2010-2015. **Revista de estudos internacionais**, Belo Horizonte, v.6, n.1, p.87 – 106, 2018.

RIBEIRO, E.; MOREIRA, A.; FERREIRA, L. M.; CÉSAR, A. Biodiesel and social inclusion: An analysis of institutional pressures between biodiesel plants and family farmers in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 726-734, 2018.

SAMPAIO, R. M. **Biodiesel no Brasil**: Capacidades Estatais, P&D e Inovação na Petrobras Biocombustíveis. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, SP, 2017, p. 172

SILVA, Wellington Nascimento. **Análise da mobilidade urbana por transporte sustentável nas cidades médias brasileiras**. 2017.

SOUZA LIMA, Gregório Costa Luz; DA SILVA, Gabriel Lassery Rocha; NETO, Genezio dos Santos Albuquerque. Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil. **Revista dos Transportes Públicos-ANTP**, v. 41, p. 2o, 2019.

TURATO, E. R. **Tratado da metodologia da pesquisa clínico-qualitativa**. Petrópolis RJ.: Editora Vozes, 2003.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 24/10/2020

Aprovado em: 19/02/2021

DESENVOLVIMENTO RURAL E TURISMO RURAL ARQUITETÔNICO: ESTUDO DE CASO SOBRE A ARQUITETURA ENXAIMEL

RURAL DEVELOPMENT AND ARCHITECTURAL RURAL TOURISM: CASE STUDY ON THE HALF-TIMBERED ARCHITECTURE

RAFAEL RODRIGO WOLFART TREIB¹; EDEMAR ROTTA²

1- MESTRANDO EM DESENVOLVIMENTO E POLÍTICAS PÚBLICAS - UFFS – UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CERRO LARGO; 2- DOUTOR E PÓS-DOUTOR EM SERVIÇO SOCIAL, PROFESSOR NO MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E POLÍTICAS PÚBLICAS - UFFS – UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CERRO LARGO

rafael.treib@uffs.edu.br; erotta@uffs.edu.br

Resumo – O desenvolvimento rural se constitui como um desafio à maior parte dos municípios brasileiros. O presente artigo reflete sobre a relação entre desenvolvimento rural e turismo rural a partir do estudo de uma realidade específica do município de Cerro Largo/RS, que possui uma tradição de imigração alemã e preserva, em seu espaço rural e urbano, um conjunto expressivo de residências construídas em estilo enxaimel. A partir do estudo de caso realiza-se a revisão de literatura pertinente, a pesquisa documental e a de campo. Entende-se o desenvolvimento rural como possibilidade de criação de condições de vida sustentável, em suas múltiplas dimensões, para as populações locais. O turismo rural se constitui como possibilidade de unir atividades econômicas com a valorização do ambiente e da cultura local. Constata-se que o município de Cerro Largo possui dezenas de residências construídas em estilo enxaimel que se encontram preservadas, constituindo-se em patrimônio arquitetônico e cultural que pode ser utilizado para integrar roteiros turísticos que fomentem a economia local; valorize a tradição decorrente da imigração alemã; valorize as dinâmicas socioculturais existentes; promova bem-estar das pessoas que aí residem; e contribua para o desenvolvimento sustentável do município e da região.

Palavras-chave: Turismo Rural. Desenvolvimento Rural. Arquitetura Enxaimel. Cerro Largo/RS.

ABSTRACT – Rural development is a challenge for most Brazilian municipalities. This article reflects on the relationship between rural development and rural tourism from the study of a specific reality in the municipality of Cerro Largo / RS, which has a tradition of German immigration and preserves, in its rural and urban space, an expressive set of half-timbered residences. From the case study, it was carried out the literature review, documentary and field research. Rural development is understood as the possibility of creating conditions for sustainable life in its multiple dimensions, for local people. Rural tourism is constituted as a possibility to combine economic activities with the enhancement of the environment and local culture. The municipality of Cerro Largo has dozens of half-timbered houses that are preserved constituting an architectural and cultural heritage that can be used to integrate tourist routes that instigate the local economy; value the German immigration tradition; value the existing socio-cultural dynamics; promote well-being of the people who reside there; and contribute to the sustainable development of the municipality and the region.

Keywords: Rural Tourism. Rural Development. Half-Timbered Architecture. Cerro Largo / RS.

I. INTRODUÇÃO

A imigração alemã, iniciada no séc. XIX no Brasil, trouxe diversidade cultural e arquitetônica. Dentre esses aspectos, destaca-se a arquitetura enxaimel utilizada nas colônias alemãs no Rio Grande do Sul. Devido à abundância de madeira de lei encontrada pelos imigrantes, essa era a arquitetura predominante na época. Dessa forma, a arquitetura traz, a partir de seus modelos, um importante aspecto a ser utilizado no turismo.

Cerro Largo foi fundada no ano de 1902 com o nome de Serro Azul. É uma cidade com influencia alemã e católica em sua base histórica e cultural, colonizada por alemães, e situada no noroeste do Rio Grande do Sul, (BRAUN, 2017). Atualmente possui em torno de 14 mil habitantes, e diversos pontos turísticos baseados na cultura alemã, entre eles, a arquitetura típica (IBGE, 2020).

A emergência da ideia de sustentabilidade, aliada às preocupações com a preservação da natureza, e a valorização do patrimônio histórico e dos espaços locais, incentivou para que, não só na cidade, mas também na população do meio rural, desenvolvesse uma consciência mais acurada do respeito da relação entre o ser humano, a sociedade e a natureza. É nesse contexto em que este estudo se situa, buscando analisar possibilidades ao turismo rural, via aproveitamento da base arquitetônica existente, e representar uma alternativa ao desenvolvimento rural. E assim, responder se as residências existentes na área rural do município podem servir de base para um projeto de turismo rural, confirmando ou não, a hipótese testada.

O turismo rural vem se consolidando em diversos países como uma alternativa importante de geração de trabalho e renda, não só para moradores do meio rural, mas também urbano. No caso brasileiro, os dados do Ministério do Turismo (BRASIL, 2020), têm evidenciado situação semelhante, porém, mais fundada nos ativos ambientais do que em uma estrutura socioeconômica capaz de dinamizar o desenvolvimento do meio rural e dos seus entornos. Ainda persistem muitos desafios que passam pela criação de infraestruturas adequadas para receber os turistas, formação de mão de obra qualificada para atender os mesmos, bem

como integração dos processos econômicos, sociais e culturais.

Na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, as experiências de desenvolvimento do turismo rural são ainda incipientes e pouco articuladas. Mesmo que se trate de uma região com ativos ambientais, históricos e arquitetônicos expressivos, sua utilização para o turismo ainda requer organização e profissionalização dos diferentes atores envolvidos. Neste contexto, procura-se olhar para as potencialidades que o turismo rural representa e como ele pode ser melhor aproveitado para a dinamização do desenvolvimento de muitos municípios da região que são essencialmente rurais. Municípios que possuem ativos ambientais, históricos, arquitetônicos e culturais que, com pequenos investimentos, qualificação dos agentes e organização, podem transformar o turismo em um diferencial para seu desenvolvimento.

Além dessa introdução, o texto está estruturado em três sessões, e as considerações. A primeira sessão trata do desenvolvimento rural com uma compreensão articulada entre os fatores econômicos e os socioculturais. A segunda sessão retrata acerca do turismo rural, e na terceira sessão, destaca-se a questão arquitetônica e seus usos no turismo rural. Nesta sessão, traz-se a análise do estudo de caso especificado no meio rural do município de Cerro Largo, no qual se encontram residências construídas em modelo enxaimel, que representam potencial para o turismo rural. As considerações buscam apontar algumas possibilidades a partir do estudo realizado, e demonstrar a importância do uso da arquitetura no turismo.

II. DESENVOLVIMENTO RURAL

Os estudos sobre desenvolvimento têm apontado uma polissemia em seu significado (SIEDENBERG, 2003), indo desde o simples crescimento econômico, até definições mais complexas, que incluem transformações na estrutura produtiva, no conjunto das relações sociais e nas dinâmicas do território (ROTTA, 2007). Este estudo delimita o tema a partir do rural, trabalhando com a compreensão de desenvolvimento como o conjunto de transformações que ocorrem em um contexto territorial específico, entendido historicamente como “rural”. Se tem ciência das múltiplas abordagens do desenvolvimento rural presentes na produção teórica nacional e internacional (SCHNEIDER, 2010).

Abramovay (2003), para caracterizar o desenvolvimento rural, apoia-se no princípio de que a ruralidade é um conceito de natureza territorial e não-setorial. Para isso, mostra que três aspectos básicos caracterizam o meio rural: a relação com a natureza, a importância das áreas não densamente povoadas e a dependência do sistema urbano. Assim, o desenvolvimento rural estaria na união destes aspectos.

Com o intuito de promover uma realidade de desenvolvimento cada vez mais incluyente, econômica e socialmente, entidades como o Banco Mundial, têm proposto metodologias que propiciem o desenvolvimento econômico, tecnológico e social em localidades rurais. Isto vem sendo feito através do aproveitamento da sua vocação e potencial econômico, descobrindo, fomentando e desenvolvendo suas aptidões econômicas e produtivas.

Abramovay (2003) destaca também que, através de projetos de estruturação produtiva de um território, de forma sustentável, objetiva-se a inclusão social e econômica sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem

as suas próprias necessidades. Daí a importância de o desenvolvimento rural estar vinculado a um conjunto de valores que extrapolam a mera preocupação com conservação dos recursos naturais, indo além, abrangendo as dimensões ambiental, social, cultural e econômica.

Para isso, se faz necessária uma base de estruturação fundamentada em elementos como cooperação, civismo e confiança mútua, atrelados aos elementos econômicos e tecnológicos de forma sinérgica, visando atingir objetivos comuns.

O desenvolvimento não resulta apenas da cooperação espontânea dos contatos sociais, ele exige também, uma intervenção consciente e deliberada de organizações públicas, estatais e não estatais. Um dos grandes desafios para a obtenção de sucesso na implantação destas metodologias de desenvolvimento, é o envolvimento dos atores locais, fazendo-os ultrapassar interesses meramente pessoais, em função de buscar interesses coletivos e adotar uma postura participativa na sociedade.

A melhoria da qualidade de vida das populações rurais e a sustentabilidade deste meio é resultado de diferentes processos articulados em prol do desenvolvimento rural. A recuperação e a preservação ambiental emergem como condicionantes essenciais de qualquer proposta ou projeto de desenvolvimento rural (RAMOS 2001).

Para direcionar a questão do desenvolvimento rural, temos que levar em consideração o papel das propriedades rurais na perspectiva de patrimônio, e junto a este, o patrimônio arquitetônico, que é o ponto central deste estudo, com vistas ao turismo rural. Para impulsionar o desenvolvimento rural, se faz necessário pontuar o patrimônio como ferramenta necessária à organização do turismo, nesse caso, é a valorização do patrimônio que será a base para que ocorra o desenvolvimento local.

Funari e Pinsky (2002) afirmam que a palavra patrimônio pode assumir sentidos diversos, estando originalmente associada à herança familiar, e mais diretamente, ligada a bens materiais. O patrimônio passou a constituir uma coleção simbólica unificadora, que procurava dar uma base cultural idêntica a todos, embora os grupos sociais e étnicos presentes em um mesmo território, fossem diversos. O patrimônio passou a ser, assim, uma construção social de importância política no sentido de construção de identidades (BARRETO, 2001), cabendo ao poder público, a criação de condições para sua manutenção e preservação.

A construção do patrimônio cultural é um ato que depende das concepções que cada época tem a respeito do que, para quem e por que preservar. A preservação resulta, por isso, da negociação possível entre os diversos setores sociais, envolvendo os cidadãos e o poder público (BARRETO, 2001).

Acredita-se que preservar o patrimônio cultural, no qual se incluem objetos, documentos escritos, imagens, traçados urbanos, áreas naturais, paisagens ou edificações, é garantir que a sociedade tenha maiores oportunidades de perceber a si própria. De acordo com Weber (1991), o patrimônio material, que é parte das cidades, dos povos e de uma região, pertence a todos. Seu desaparecimento implica na perda, não somente dos traços essenciais da identidade e dos valores da cultura, mas também do próprio sentido humano da vida e de sua trajetória, bem como da supressão de espaços aprazíveis para o dia a dia.

III. TURISMO RURAL

A atividade turística ainda é recente no Brasil, porém, está em crescimento, sendo uma importante atividade econômica, já que abrange desde o setor de serviços, ao comércio e a indústria, e com isso, destaca-se como um importante fator de desenvolvimento.

As características consideradas típicas do meio rural, vêm atraindo cada vez mais pessoas, que buscam um modelo de turismo não encontrado no meio urbano (SOUZA; KLEIN; RODRIGUES, 2019).

Uma forma de turismo que vem se expandindo nas últimas décadas é o turismo rural. Ele emerge para preencher uma lacuna existente, aproveitando as potencialidades geradas pela forma de vida, trabalho, organização social e relação com a natureza existentes em muitas populações rurais. A junção da agricultura familiar com o comércio, e estes aliados à administração rural, estão desenvolvendo uma nova atividade no meio rural que até então não existia.

Algumas das atividades praticadas no turismo rural estão relacionadas à história da imigração europeia no Brasil, tendo a região sul do Brasil como um dos locais de visitação (FUCKS, 2019).

O turismo é um fenômeno histórico e de grande importância nas diferentes sociedades humanas, como atividade de geração de trabalho, emprego e renda, ele vem conquistando relevância em muitas economias locais e regionais. Existem várias definições para turismo, dentre elas, podemos citar a de Molina e Rodríguez (1997, p.11) que o entendem como “o conjunto das relações e os fenômenos produzidos pelo deslocamento e a permanência de pessoas fora de seu lugar de domicílio”.

Segundo Lage e Milone (1996) todo processo de produção gera impactos no meio, e apesar de toda a grandiosidade que a atividade turística propicia, ela apresenta efeitos econômicos, sociais, culturais e ambientais múltiplos. Portanto, seus resultados não são equivalentes em todas as partes e para todas as pessoas envolvidas. Em muitos lugares, a atividade turística, especialmente quando regida pela lógica monetária, resulta na desordem do espaço e nas relações de produção que se fazem presentes no mesmo, provocando impactos ao meio ambiente e às populações nativas.

A Agência Brasileira de Promoção Internacional do Turismo (EMBRATUR) considera que a origem do turismo rural tenha vindo dos ranchos norte-americanos que acolhiam caçadores e pescadores durante as temporadas destes esportes. No Brasil, as iniciativas oficiais apontam a Fazenda Pedras Brancas, em Lages – SC, como a pioneira, no ano de 1984 (EMBRATUR, 1994).

O Ministério do Turismo (BRASIL, 2016) define o turismo rural como sendo o conjunto de atividades turísticas desenvolvidas no meio rural, comprometidas com a produção agropecuária, agregando valor a produtos e serviços, resgatando e promovendo o patrimônio cultural e natural das comunidades.

É nesse momento de valorização do meio rural, das potencialidades dos lugares, que o turismo tem sido considerado pelo agricultor uma atividade econômica complementar. Além do potencial econômico, o turismo caracteriza-se pela facilidade de criar postos de trabalho devido à diversidade de atividades ligadas a ele no meio rural (ZANCHI; RUDNICKI; ETGES, 2017, p.108).

O turismo rural surgiu como uma alternativa para o pequeno e médio produtor rural. A respeito disso, destaca-se que, o turismo em áreas rurais tem sido pensado mais recentemente no Brasil, como uma fonte adicional de geração de emprego e de renda para famílias residentes no campo, à medida em que a ocupação dessas áreas e a renda proveniente das atividades agropecuárias tradicionais, vêm decaindo.

Como em toda atividade, o turismo no ambiente rural possui aspectos positivos e negativos. Ele proporciona benefícios, mas também pode causar consequências que trazem problemas para as populações locais. O turismo rural propicia a valorização do ambiente onde está sendo explorado por sua capacidade de destacar a cultura e a diversidade natural de uma região, proporcionando a conservação e manutenção do patrimônio histórico, cultural e natural. Pode contribuir, neste sentido, para reorganização social e econômica local, uma vez que proporciona benefícios diretos à população que participa, direta ou indiretamente, das atividades relacionadas ao turismo.

O consumidor de Turismo Rural busca a possibilidade de reaproximação com a natureza em relação às “coisas da terra”, mesmo que por um curto espaço de tempo, esse sujeito está interessado em vivenciar e experimentar os valores da natureza e do modo de vida local, caracterizado por elementos singulares da cultura, pela gastronomia típica, pela tradição e pelo modo como se dá a relação homem e natureza, ou seja, do ponto de vista operacional, esses hóspedes não compram simplesmente uma hospedagem, mas sim, uma experiência diferente e autêntica (BRASIL, 2016).

Tanto a criação de mercado para os produtos agrícolas como a valorização das características naturais e culturais, e a melhoria da infraestrutura para receber os turistas, ampliam o mercado local para absorção de mão de obra, que pode ocorrer tanto em atividades internas às propriedades rurais, como externas às mesmas, especialmente do seu entorno (BRASIL, 2016).

Neste sentido, alguns autores, como Abramovay (2003) e Santos (2001), salientam que, se a atividade turística não for planejada e fiscalizada pela população e pelo poder público local, ela pode acarretar impactos indesejados no meio ambiente, na economia e na sociedade local. O aumento no fluxo de turistas em uma região que não está devidamente preparada para recebê-los, pode causar danos ao meio ambiente como por exemplo, caso uma pequena comunidade não tenha uma rede de esgotos compatível com a população usuária, tanto para residente como para os próprios visitantes, os impactos ambientais podem ser devastadores para a área.

Segundo Silva, Vilarinho e Dále (1998) “turismo rural constitui uma atividade que une a exploração econômica à outras funções, como a valorização do ambiente rural e da cultura local” (p. 31). O turismo rural, na medida em que contribui para que a população local tenha uma melhor expectativa de vida, conseqüentemente acaba auxiliando para a manutenção das famílias no campo, evitando o êxodo rural. São oportunidades de trabalho e de melhoria de vida que se apresentam como uma importante ferramenta para o crescimento social, espacial e econômico das localidades rurais (SOUZA, 2006).

O turismo rural se apresenta a partir de múltiplas atividades que se desenvolvem em diversos espaços, entre as quais pode-se destacar os hotéis fazenda, as pousadas em propriedades rurais, as trilhas ecológicas, o turismo de eventos, as visitas guiadas, o ecoturismo, entre outros. São atividades que desfrutam da flora e da fauna existentes, mas

também interagem com as atividades produtivas, sociais e culturais das comunidades. Como relatam Almeida e Riedl (2000, p. 103):

Um patrimônio valorizado traz a uma população rural, orgulho e o sentimento de pertencer a uma comunidade cujo patrimônio torna-se emblemático. Além disso, este patrimônio valorizado age como incentivador de novas atividades produtivas e culturais a partir do simples objeto turístico.

Fucks (2019, p.46) afirma que: “o conhecimento *in loco* do patrimônio, desperta ainda mais a curiosidade pela sua história, pela cultura, modo de vida e de trabalho de seus protagonistas”.

Portanto, o turismo rural deve ser bem planejado, cuidando para não haver uma degradação do ambiente natural e a perda da sua identidade cultural, pois, se suas qualidades forem preservadas, durarão mais tempo, e assim, poderão ser aproveitadas pelas gerações futuras, tornando-se sustentáveis.

Muitos municípios do interior gaúcho possuem uma diversidade arquitetônica pouco conhecida, constituída de uma série de construções que, por suas características, podem ser consideradas representativas do final do século XIX e da primeira metade do século XX. Entre estes municípios, chama-se atenção para o de Cerro Largo, no Noroeste do Rio Grande do Sul, que possui um patrimônio arquitetônico, em um estilo trazido pelos imigrantes alemães, o enxaimel, que ainda é preservado no município, podendo constituir-se em um ativo turístico importante.

Esse acervo de bens materiais imóveis, por ser significativo para a história patrimonial de Cerro Largo e do Rio Grande do Sul, merece ser conservado.

A utilização destes recursos patrimoniais para promover o turismo rural, pode ser uma forma de estimular a sua conservação e ainda de possibilitar a geração de renda não-agrícola, cujos benefícios repercutam em melhorias à qualidade de vida dessas comunidades, ao mesmo tempo em que estimule a preservação dos seus traços culturais (FUCKS, 2019).

Dessa forma, temos inúmeras possibilidades de aproveitamento turístico do patrimônio arquitetônico rural, um componente que pode estimular o turismo nas propriedades, unindo a historicidade, e ampliando a oferta turística dos municípios.

IV. ARQUITETURA ENXAIMEL

O projeto de colonização inseriu um padrão de sociedade. De maneira geral, esses projetos implantados foram coordenados por empresas que recebiam as terras por concessão do Estado para instalar ferrovias, ou, através da compra particular de faixas de terras que eram divididas em lotes para a venda por estas famílias (FRANZEN; EIDT; TESSING, 2018).

A colonização alemã marcou presença em diversas regiões do Brasil, mas a sua maior incidência foi na Região Sul do Brasil. Os imigrantes alemães trouxeram para o Brasil os seus conhecimentos, seus padrões de cultura e compreensões de vida, que formaram uma base cultural consistente e diversificada (FRANZEN; EIDT; TESSING 2018).

Uma destas compreensões de vida e de conhecimento, expressou-se na construção das edificações. As construções foram ajustando-se aos materiais existentes e às condições de

clima, formatando um padrão arquitetônico baseado na arquitetura enxaimel. Esse padrão é originário dos países germânicos da Europa, e teve relativa utilização nas colonizações alemãs no Sul do Brasil.

Conforme Weimer (2005), as residências antigas não só retratam uma localidade, mas exaltam uma época, uma história, pois mantém parte de uma história maior, esta, que facilita sua comparação com exemplares de outras regiões, descrevendo-se assim, uma importante fonte de outros usos, entre eles, o turismo.

A técnica arquitetônica enxaimel, é um padrão de edificação das regiões germânicas da Europa central, esta possui muitas vantagens em sua construção, como por exemplo, possibilita uma montagem rapidamente, podendo ser desmanchada e reconstruída em outro local, caso este não seja adequado. É um modelo resistente e permite sua restauração de forma simples e prática, bem como o fato de perdurar por gerações (WITTMANN, 2016).

Os colonos imigrantes inicialmente não tinham como construir casas de alvenaria e, frente à existência de madeiras de lei em abundância, empregaram esse material nas suas edificações erigidas no estilo enxaimel, o qual era utilizado na Europa até o século XIII. O estilo enxaimel caracteriza-se pelo uso da madeira na base e na estrutura, sem que se faça necessário colocar pregos de ferro para fixação, utilizando apenas o encaixe entre as madeiras para dar sustentação (TREIB, 2006).

Os imigrantes aproveitaram os materiais disponíveis nas matas ou nas pedreiras. As casas nos núcleos urbanos assemelhavam-se à moradia rural, com o primeiro pavimento configurando um porão para fins de serviços e depósito. Diante das deficiências estruturais do novo território, a preocupação inicial das famílias era constituir um abrigo (FRANZEN; EIDT; TESSING 2018, P.13).

Era construído com uma base em pedras ou tijolos, a partir da qual se erigia uma edificação que, usualmente, era de madeira, com um ou dois níveis, e que apresentava planta de formato retangular e cobertura de duas águas, configurando na parte superior, um sótão (ROCHE, 1969).

Cerro Largo possui exemplares de arquitetura de diferentes estilos que tiveram a influência do meio no qual foram construídos. Trata-se de um patrimônio erigido em pedra, barro, madeira e outros materiais, construído por hábeis pedreiros, artesãos e agricultores, seguindo os costumes e as tradições germânicas que foram herdadas dos seus fundadores no início do século XX, que marca a vinda de imigrantes alemães para a região (TREIB, 2006).

A elaboração de um roteiro turístico arquitetônico para o município de Cerro Largo representa a oportunidade de mapear os diferentes estilos, e realizar um levantamento das edificações existentes no meio rural e no meio urbano que apresentavam traços típicos da cultura alemã. Para a produção desse artigo, duas edificações de estilo enxaimel, situadas no meio rural foram selecionadas. A opção por esse estilo se deu em razão dele representar um caso típico dominante nas construções de residências de alemães e de seus descendentes que povoaram o município em sua fase inicial de formação. Exemplares desse estilo arquitetônico persistem até hoje, tanto no meio rural quanto no urbano, como museus a céu aberto, relíquias históricas que auxiliam na preservação da memória e história local.

Nesse sentido, o estudo traz dois exemplares que caracterizam a temática proposta e possibilitam a compreensão do estudo exposto. As imagens 01 e 02 mostram

esses exemplares de residências em estilo enxaimel no município, os quais integram uma base catalogada de residências existentes, e que pode servir como referência para a organização de roteiros turísticos de visitação, ou para a criação de empreendimentos voltados ao turismo rural.

Imagem 01 – Residência na linha São João – zona rural



Fonte: Acervo pessoal

A base da casa era edificada com tijolos ou pedra, e costumava ser de tamanho maior que o restante, possuindo um porão, utilizado para ventilar o assoalho e, também, como despensa de bebidas e alimentos. Apresentava janelas grandes, telhado de duas águas, aproveitando a parte superior para construção de um sótão que servia como quarto das crianças ou depósito.

Os banheiros e a cozinha costumavam ficar do lado de fora da casa. Externamente, ficavam aparentes, nas paredes, barras diagonais, feitas em madeira, conforme ilustrado pela ilustração 01 e sinalizado pelas setas em vermelho. O telhado era feito de madeira ou de telhas feitas de barro, que, posteriormente, em alguns casos foram substituídas pelo zinco.

Imagem 02 - Residência no acesso ao município – zona rural



Fonte: Acervo pessoal

Nas duas imagens, verificam-se as vigas de madeira cruzadas na estrutura, bem como o telhado alto que, conforme o seu local de origem, tinham o objetivo de evitar o acúmulo de neve, e aqui, no município, serviam de depósito.

O estudo realizado evidenciou que o potencial é diverso e numeroso, porém, pouco aproveitado, especialmente pelo fato da não existência de programas integrados de desenvolvimento do turismo. A descrição das características da arquitetura enxaimel buscou evidenciar o seu potencial para o desenvolvimento do turismo rural no município de Cerro Largo.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão de literatura evidenciou que, apesar de certo reconhecimento do turismo rural como atividade capaz de gerar trabalho, emprego e renda, ainda há muito o que investigar em termos de produção científica quando o assunto é desenvolvimento rural integrado ao turismo rural arquitetônico. Há poucos autores que se detêm a escrever sobre o tema, principalmente quando o assunto é arquitetônico.

Considera-se de grande importância o estudo do meio rural e suas potencialidades, uma vez que ele pode representar alternativas de desenvolvimento sustentável para o século XXI. É crescente o número de turistas que procuram lugares nos quais os habitantes vivam de maneira diferente da sua e a paisagem apresente características próprias, tanto naturais, como culturais. A atratividade do turismo rural reside, principalmente no modo de vida da população rural. Com isso, se faz necessária a identificação e o estímulo aos elementos que o caracterizam, como a cultura local materializada nas edificações, nos costumes, causos, dialetos, músicas típicas, culinária, forma de cultivar, entre outros (BRASIL, 2020).

Verificou-se que o município de Cerro Largo tem potencial para possuir um roteiro turístico rural que envolva as residências históricas. Percebe-se que o quantitativo de residências com esta potencialidade de exploração, gira em torno de 30 exemplares, algumas com mais ou menos potencial, mas que, vem ao encontro da proposta de desenvolvimento rural defendida por Abramovay, no sentido de articular os diferentes atores envolvidos, gerar trabalho e renda e buscar a sustentabilidade das comunidades envolvidas.

VI. REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. **O futuro das regiões rurais**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
- ALMEIDA, Anécio Joaquim; RIEDL, Mário. **Turismo Rural: Ecologia, Lazer e Desenvolvimento**. São Paulo: EDUSC, 2000.
- BARRETTO, Margarita. **Turismo e legado cultural**. Campinas: Papirus, 2001.
- BRASIL. Ministério do Turismo. **Turismo e sustentabilidade: orientações para prestadores de serviços turísticos**. Brasília: Ministério do Turismo, 2016.
- BRASIL. Ministério do Turismo. **Cartilha parlamentar 2021/22**. Brasília: Ministério do Turismo, 2020.
- BRAUN, Felipe Kuhn. **Alemães no Brasil: 1824-1945**. São Leopoldo: Oikos, 2017.
- EMBRATUR. **Manual Operacional do Turismo Rural**. Brasília, 1994.
- FRANZEN, Douglas Orestes; EIDT, Simone; TESSING, Daniele. **A arquitetura enxaimel: identidade, memória e dimensão patrimonial em Itapiranga/SC**. Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 5-27, out. 2018. ISSN 2318-1109. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2558>. Acesso em: 05 dezembro. 2020.

- FUCKS, Patrícia Marasca. **O patrimônio arquitetônico como atrativo turístico**: Fazenda do Sobrado, São Lourenço do Sul (RS). Chapecó: Ed. UFFS, 2019.
- FUNARI, Pedro Paulo; PINSKY, Jaime. **Turismo e Patrimônio cultural**. São Paulo: Contexto, 2002.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- IBGE. **Censo estimado de 2020**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cerro-largo/panorama>>. Acesso em 05/02/2020.
- LAGE, Beatriz H. Gelas & MILONE, Paulo César. **Economia do turismo**. São Paulo: Editora Papirus, 1996.
- MOLINA, Sergio, RODRÍGUEZ, Sergio. **Turismo: Planejamento Integral**. 2.ed., São Paulo: Edusc, 1997.
- RAMOS, Pedro. Propriedade, estrutura fundiária e desenvolvimento (rural). **Estudos Avançados**. São Paulo. v.15 n. 43, p.141-156, set./dez. 2001.
- ROCHE, Jean. **A colonização alemã e o Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Globo. Vol. 1 e 2, 1969.
- ROTTA, Edemar. **Desenvolvimento regional e políticas sociais no noroeste do estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Serviço Social), PGSS/PUCRS, Porto Alegre, 2007.
- SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Mc Graw Hill - Penso, 2013.
- SANTOS, Clediane Nascimento. **As políticas de desenvolvimento rural e o turismo no espaço rural**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. 2018.
- SANTOS, Manoel José dos. Projeto alternativo de desenvolvimento rural sustentável. **Estudos Avançados**. São Paulo. v.15, n. 43, p. 225-238, set. /dez. 2001.
- SCHNEIDER, Sergio. Situando o desenvolvimento rural no Brasil: o contexto e as questões em debate. **Revista de Economia Política**, v. 30, n. 3 (119), p. 511-531, jul. /set. 2010.
- SIEDENBERG, Dieter Rugard. A gestão do desenvolvimento: ações e estratégias entre a realidade e a utopia. In: BECKER, Dinizar F.; WITTMANN, Milton Luiz (orgs.). **Desenvolvimento regional: abordagens interdisciplinares**. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2003, p. 157-73.
- SILVA, José Graciano; VILARINHO, Carlyle & Dale, Paul. Turismo em áreas rurais: suas possibilidades e limitações no Brasil. In: ALMEIDA, J. A.; RIEDL, M& FROEHLICH, J. M. **Santa Maria: turismo rural e desenvolvimento sustentável**, 1998.
- SOUZA, Luziana da Silva. **Turismo e desenvolvimento local sustentável na Paraíba Possíveis contribuições do turismo rural no combate ao êxodo rural**. 2006. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/index.php?p=texto&&idT=799>>. Acessado em: 07 jun. 2020.
- SOUZA, Marcelino de; KLEIN Ângela Luciane; RODRIGUES, Renata Gonçalves. Turismo rural: conceitos, tipologias e funções. In: SOUZA, Marcelino de. **Turismo rural: fundamentos e reflexões**. SEAD/UFRGS. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2019.
- TREIB, Rafael Rodrigo W. Serro Azul (1902-1927). **Início e evolução de uma colônia alemã no Rio Grande do Sul**. Monografia (Graduação em História). Departamento de Ciências Humanas, URI. Santo Ângelo/RS, 2006.
- WEBER, Max. Relações comunitárias étnicas. In: **Economia e Sociedade**. Brasília: UnB, 1991. v.1, p. 267-277.
- WEIMER, Günter. **Arquitetura popular da imigração alemã**. Porto Alegre: UFRGS, 2005.
- WITTMANN, Angelina. **Conversando sobre Enxaimel**. 2016. Disponível em <<https://angelinawittmann.blogspot.com.br/2016/06/conversando-sobre-enxaimel-fachwerk-1.html>> acesso em 05/01/2021.
- ZANCHI, Verenice; RUDNICKI, Carlise Schneider; ETGES, Virginia Elisabeta. **Roteiros De Turismo Rural: Conflitos E Contradições Na Região Do Vale Do Taquari/RS**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. G&DR. v. 13, n. 3, p. 102-118, set-dez/2017, Taubaté, SP, Brasil.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 12/01/2021

Aprovado em: 12/02/2021



ENSINO DE QUÍMICA NA PRODUÇÃO DE SABÃO ECOLÓGICO DA ALDEIA IRAJÁ

CHEMISTRY CLASS IN ECOLOGICAL SOAP PRODUCTION AT IRAJÁ INDIGENOUS VILLAGE

ALYSON TORRES DE BARROS¹; CINTIA DE LAET RAVANI BOTTONI¹; NÁDIA RIBEIRO AMORIM²; CEZAR HENRIQUE MANZINI RODRIGUES²

1 – ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO MISAEL PINTO NETTO;

2 – INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

alyson.torres@yahoo.com.br; clrbottoni@gmail.com; nadia.amorim@ifes.edu.br; cmanzini@gmail.com

Resumo – O presente trabalho tem por objetivo conscientizar a comunidade escolar e indígena sobre a necessidade de reutilizar o óleo de cozinha como alternativa para amenizar os impactos causados por este no meio ambiente. As atividades foram realizadas durante as aulas de Química e Física e divididas em duas etapas, sendo a primeira de caráter prático com a produção do sabão ecológico e a segunda etapa a elaboração do relatório experimental nos moldes da ABNT. O desenvolvimento de práticas pedagógicas diferenciadas possibilita ampliar o conhecimento, tanto da comunidade escolar quanto dos educadores, tendo como ponto principal a integração da teoria e a prática a favor da conscientização e da preservação ambiental.

Palavras-chave: Óleo de Cozinha. Produção de Sabão Ecológico. Educação Ambiental.

Abstract - This paper aimed to raise awareness among the school and indigenous community about the necessity to recycle cooking oil as an alternative to mitigate the impacts caused by it. The activities were carried out during the Chemistry and Physics classes and divided into two stages, the first one a practical nature with the production of ecological soap and the second one the elaboration of the experimental report according to the ABNT model. The development of differentiated pedagogical practices makes it possible to increase the knowledge of both the school community and educators, with the main target the integration of theory and practice in favor of environmental awareness and preservation.

Keywords: Cooking Oil. Ecological Soap Production. Environmental Education.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de ações socioambientais está intrinsecamente relacionado com a educação que deve ser promovida nas escolas, conforme o Currículo Básico Comum do Estado do Espírito Santo (CBC/ES), item 2, p. 686, apresentação:

“A escola precisa estimular os diversos atores educacionais a desenvolverem uma consciência de si, do outro e do mundo, por meio da constante elaboração da relação ser humano-natureza-sociedade. Nesse sentido, a vida requer convivência na promoção da paz interior, paz social e paz ambiental.”

Em consonância com o projeto pedagógico da escola como objeto de ensino o desenvolvimento de situações didáticas que propiciem a construção de conhecimento por parte do próprio aluno, isto é, o aluno participante direto na construção do saber. Desta forma, o ensino ocorrerá por meio de situações de aprendizagem significativas e contextualizadas, a partir das orientações e indicações fornecidas pelo professor, pelo acervo sócio, político e cultural da comunidade escolar, local e regional e pelos documentos referência para educação de adolescentes, jovens e adultos, numa perspectiva de que o conhecimento é o produto de um trabalho social e sua construção é fruto de investigação e (re) elaboração com a cooperação dos outros.

Dessa maneira, é necessário que a escola trabalhe a conscientização nos estudantes dos problemas oriundos do mau uso/descarte das fontes naturais, que implicam na falta de manutenção dos recursos e também da poluição gerada, ocasionando grandes transtornos no aspecto ambiental. A poluição produzida pode ocorrer através de resíduos que ficam retidos no solo, no ar e na água, inviabilizando o (re) uso destes.

Uma dessas poluições é o destino errôneo dado ao óleo de cozinha, que em contato com a água de rios, lagos e mares, cria uma barreira que atrapalha a entrada de luz e oxigenação do meio aquático, comprometendo a existência dos seres vivos, além de contribuir para a ocorrência de enchentes, doenças e propiciando o entupimento de tubulações de esgoto, atraindo insetos e seus predadores (BORTOLUZZI, 2011).

Se tratando desses problemas ambientais, o centro de Controle de Zoonoses (CCZ) e de Vigilância Ambiental da prefeitura de Aracruz/ES tem recebido com frequência demandas e ocorrências de escorpões amarelos ao redor do município. Trata-se de uma espécie pertencente à fauna do Espírito Santo, e como forma de reduzir os riscos e acidentes tanto na prefeitura quanto nas residências, a Secretaria de Saúde publicou algumas orientações que devem ser seguidas nas áreas internas e externas do ambiente de trabalho e das casas (LANA, 2018).

Percebendo a necessidade de promover ações para diminuir a infestação de escorpões na cidade de Aracruz, o presente projeto foi intitulado LAVANDO O AMANHÃ e oportunizado para que o óleo não seja descartado de

maneira incorreta, deixando de atrair insetos e seus predadores, os escorpiões. Reforçando a importância de desenvolver ações colaborativas junto a comunidade, a fim de possibilitar práticas que atenuem as dificuldades encontradas no município, extravasando as potencialidades da escola para além dos muros que delimitam o espaço físico.

Apesar de haver estudante portador de necessidade especial com laudo médico durante todo o projeto, houve também inclusão de estudantes de diferentes faixas etárias que não estavam em idade escolar adequada e não tinham o conhecimento de diversos conceitos científicos proporcionados durante a execução do trabalho. Dessa forma, a proposta foi adaptada trazendo conceitos populares que tinham total relação com o experimento proposto, de forma a contemplar o universo cognitivo dos sujeitos envolvidos na ação.

Os discursos específicos, nos fez buscar, também enquanto professores, as contribuições em valorizar justamente a fala, a enunciação, a natureza social e não individual, justamente porque a fala está indissolúvelmente ligada às condições da comunicação que, por sua vez, estão sempre ligadas às estruturas sociais (YAGUELLO, 1997). A formação de conceitos científicos na escola se dá por meio de processos dialógicos estruturados a partir de sujeitos que ocupam lugares diferentes e historicamente referenciados pelos significados atribuídos aos conteúdos do currículo e ao seu meio social.

Em função de priorizar a abordagem interativa dos conceitos químicos, foram usadas diferentes metodologias de representação dos fenômenos ocorridos. De modo geral, buscamos priorizar contextos significativos para a cultura local, nos quais o aluno pudesse perceber a funcionalidade da linguagem da ciência química.

II. OBJETIVOS

2.1 - *Objetivo Geral*

Este projeto foi desenvolvido com o intuito de mobilizar estudantes do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Médio Misael Pinto Netto a produzir sabão ecológico a partir do óleo vegetal já utilizado, promovendo a conscientização ambiental através do reuso do óleo e evitando o descarte inadequado do mesmo, desenvolvendo aprendizado prático de conhecimentos teóricos das disciplinas da área de Ciências da Natureza.

2.2 - *Objetivo Específico*

Avaliar a percepção e aprendizagem dos estudantes quanto a disciplina de química e física através de aulas experimentais, tornando esses estudantes multiplicadores do conhecimento para comunidade escolar, familiar e indígena do município (respeitando as diferenças culturais existentes entre elas). Além de ensinar e direcionar à elaboração de relatório experimental da aula prática nos formatos da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Com isso, este trabalho objetiva desenvolver práticas didático-pedagógicas de química básica e educação ambiental a partir da iniciativa de produção de sabão ecológico com óleo de cozinha já utilizado.

III. METODOLOGIA

3.1 - *Abrangência/Campo De Atuação*

O projeto foi desenvolvido no 2º trimestre do calendário escolar divulgado pela Secretaria de Educação do estado Espírito Santo (SEDU) do ano 2018 com estudantes do Ensino Médio regular das 2^{as} séries matutino (turmas 2ºM1, 2ºM2, 2ºM3 e 2ºM4), e 3^{as} séries matutino (3ºM1, 3ºM2 e 3ºM3) da Escola Estadual de Ensino Médio Misael Pinto Netto, totalizando o quantitativo de aproximadamente 325 alunos.

A escola é localizada no centro do município de Aracruz, atende alunos de todos os bairros e distritos, sendo a maioria de classe média e classe baixa, com relevante diversidade sócio-político e cultural, uma vez que possui também alunos de comunidades indígenas pertencentes ao município. O campo de execução do projeto foi o refeitório da escola, uma vez que a escola não possui laboratório de ciências /química. Posteriormente, o trabalho foi estendido à comunidade indígena Irajá do município em que a escola está inserida.

3.2 - *Metodologia Utilizada*

As atividades teórico-práticas foram iniciadas com a sensibilização dos estudantes quanto a necessidade de promover práticas no cotidiano que viabilizem a manutenção da vida e dos recursos naturais através da exposição da temática feita pelo professor da disciplina de química, com o auxílio das TIC's (tecnologias de inovação e comunicação). Apresentando a problemática do descarte inadequado do óleo de cozinha com o auxílio da projeção de imagens (pelo uso de data-show e notebook) que retratam o impacto ambiental gerado pelo descarte incorreto do óleo, levantou-se uma discussão sobre a necessidade de criarem "novas saídas para antigos problemas" de forma a priorizar um futuro mais "limpo" às novas gerações, proporcionando um ambiente saudável e salutar de debate entre os estudantes. Os questionamentos primeiramente orientados pelo professor foram:

"Qual a forma correta de descarte do óleo de cozinha?"; "Em sua residência, como é realizado o descarte do óleo já utilizado?"; "Quais são os transtornos gerados no encanamento quando se descarta o óleo de cozinha na pia (ou ralo)?"; "Quais são os impactos ambientais que o descarte incorreto do óleo pode ocasionar?"; "Qual sua parcela de responsabilidade quanto aos problemas gerados no meio ambiente?"; "Existe alguma saída viável para esse problema?".

As perguntas foram respondidas pelos alunos de forma oral, com base nas experiências e nos conhecimentos adquiridos por eles ao longo da vida. Todas as manifestações de opinião foram anotadas no quadro e cada palavra registrada foi usada como ponto de partida para o presente projeto.

Sob a orientação do professor de química, foi apresentada e desenvolvida a ideia de produzir sabão ecológico através do óleo já utilizado, de forma que cada estudante pudesse ser um multiplicador desse conhecimento em sua residência (ou comunidade), realçando que outro destino ao óleo poderia ajudar na problemática que o município de Aracruz estava encontrando com a infestação de escorpiões. É necessário destacar que cada turma envolvida foi dividida em grupos com até seis componentes.

3.3 - Materiais e Reagentes

- 1 proveta de 100 mL;
- 1 béquer de 600mL;
- 1 bastão de vidro universal;
- 10 copos descartáveis;
- 2 garrafas PET's de 2L limpas;
- 50mL de álcool 99°;
- 150g de NaOH (soda cáustica);
- 1 colher de sopa;
- 1 funil;
- 1 par de luvas grossas de proteção;
- 1 par de óculos de proteção;
- 1 máscara de proteção;
- 1L de óleo já utilizado.

3.4 - Procedimento Experimental

As turmas selecionadas para desenvolvimento do projeto e já com os grupos divididos, os alunos foram encaminhados para a área do refeitório da escola e cada grupo direcionado a uma mesa, tornando-se responsável pela organização e limpeza do seu ambiente. A cada grupo, foi exigido selecionar um representante para “monitorar” a parte prática do experimento e a esse “monitor” foi orientado utilizar os equipamentos de proteção individual (EPI's). Após as devidas orientações, o monitor de cada grupo ficou responsável por executar as operações químicas dadas pelo professor com o auxílio do restante do grupo.

Primeiramente, dissolveu-se 150g (aproximadamente 10 colheres de sopa) de soda cáustica (NaOH) em 250mL de água em temperatura ambiente no béquer de 600mL. Concomitantemente, a outra parte do grupo ficou responsável por transferir 1L de óleo já utilizado para 1 garrafa PET limpa com o auxílio do funil.

Após a dissolução da soda cáustica em água e com o auxílio do funil, a solução formada (soda cáustica + água) foi transferida para a garrafa PET que continha 1L de óleo. Feito isso, cada grupo ficou responsável de agitar a mistura resultante por 10 minutos, realizando pausas intervaladas para abrir a tampa do PET e esvaziar a pressão formada dentro do recipiente e, caso a garrafa PET estragasse devido as transformações físico-químicas que estavam acontecendo, foi orientado que trocasse o recipiente pela outra garrafa PET limpa que o grupo continha. Assim, passado os 10 minutos, cada grupo transferiu 50 mL de álcool para o PET que continha a mistura e agitou-se por mais 10 minutos até observar a solidificação do sabão dentro do recipiente.

Finalizado o procedimento, dividiu-se o sabão produzido em 10 copos descartáveis para que cada integrante levasse para casa o sabão produzido pelo seu grupo. Em todo o experimento, os grupos anotaram no caderno os fenômenos que aconteceram (variação de entalpia, mudança de coloração, aumento da pressão e etc.) durante a prática.

Após a conclusão do projeto no âmbito escolar, este foi estendido à aldeia indígena Irajá para que seus moradores pudessem ter uma perspectiva diferente da reutilização do óleo de cozinha. A expansão ocorreu em virtude do impacto que o projeto Lavando o Amanhã causou na vida do estudante pertencente ao 2º ano do ensino médio regular Vinícius Vitoriano e do seu interesse de levar esse conhecimento (produzir sabão) à sua aldeia. De acordo com o mesmo, antes do projeto, em sua casa o óleo era descartado de maneira incorreta. Após a aplicação da aula

experimental, ele e sua família passaram a armazenar o óleo para que este fosse, futuramente, usado para produzir sabão na sua aldeia, assim como foi feito na escola. Porquanto, o mesmo aluno afirmou que a produção de sabão ecológico na aldeia aproximaria as famílias, geraria economia e seria um atrativo aos jovens, pois, de acordo com as palavras do próprio aluno, “muitos têm entrado no mundo das drogas”.

3.5 - Elaboração Do Roteiro Científico

A produção do relatório científico foi orientada pela professora da disciplina de física, que ensinou como se constrói um roteiro científico seguindo as normas da ABNT. Para isso, além de possuir domínio das normas técnicas necessárias, a docente utilizou a projeção de um “relatório modelo” através de do data-show/notebook explicando cada tópico necessário para o embasamento científico (“INTRODUÇÃO”, “OBJETIVOS” e etc.).

IV. ADEQUAÇÃO DA PROPOSTA

Durante todo o projeto houve a inclusão de estudantes surdos, que fizeram parte da dialógica do processo, visto que também foram encorajados a participarem dos grupos, do debate em sala e do desenvolvimento do experimento no refeitório da escola, uma vez que o professor de química também é profissional intérprete de Libras (Língua Brasileira de Sinais). No entanto, respeitando as necessidades dos alunos, não foi obrigatório a entrega do relatório científico que, ao invés desse, foi elaborado um mapa conceitual dialogado com o professor em sala de aula daquilo que cada estudante havia aprendido com o experimento. Os mapas conceituais na química são essencialmente simbólicos, de maneira que se designam como um sistema geral de signos para os quais não existe correspondência na Libras. Assim, seu aprendizado é considerado como uma tarefa difícil e complexa. Afirma-se que a linguagem oral, recurso de ensino mais utilizado pelo professor, pode ser bastante auxiliada por recursos que estimulem outros sentidos (PEREIRA 2011).

Em função de priorizar a abordagem interativa dos conceitos químicos, foram usadas diferentes metodologias de representação dos fenômenos ocorridos. De modo geral, buscamos priorizar contextos significativos para a cultura surda, nos quais o aluno pudesse perceber a funcionalidade da linguagem química. Ao abordar a temática experimental, evidenciamos a alteração na temperatura sensível ao tato e a mudança na coloração da mistura. Na abordagem pedagógica desse experimento, apresentamos aos estudantes o conceito de alteração de temperatura como o grau de agitação das moléculas presentes e a alteração da cor/textura como o sabão produzido.

V. RESULTADOS

O projeto foi idealizado pelos professores das disciplinas de química e física com o intuito de ser avaliado como trabalho interdisciplinar no 2º trimestre de 2018, conforme previsto no projeto político pedagógico da escola (PPP) como parte integrante do processo de avaliação dos estudantes.

Com uma abordagem de ensino de ciências com atividades relacionadas ao mundo real centrada no estudante, aliando os conteúdos das ciências com o domínio das atividades humanas o presente projeto desenvolvido pela Escola Misael obteve sucesso em sua execução. Uma

vez que a proposta investigativa visa que os estudantes deixassem de aprender apenas conceitos técnicos sem entender como esses foram construídos e justificados, conseguimos estimular a construção das relações entre conceitos, objetos e atos humanos (BATISTA, 2018).

Uma das formas de introduzir reflexões sobre a natureza da ciência em práticas investigativas é combiná-las com abordagens pautadas pela própria história do indivíduo e a história da ciência, uma vez que o tema debatido pode ser associado a um determinado episódio histórico e social, explicitando o contexto metacientífico, os questionamentos que surgem, as interpretações e os processos de aceitação de novas ideias mesmo quando os estudantes mesmo quando os estudantes pertencem a uma realidade social diferente.

Ao contextualizar os conhecimentos científicos, nas aulas pautadas no ensino de Ciências podemos (e devemos) humanizar as ciências, aproximando dos interesses pessoais, éticos, sociais, culturais e políticos da comunidade. Tornando as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, possibilitando deste modo o desenvolvimento do pensamento crítico, contribuindo para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, promovendo a superação da falta de significados e significação. Auxiliando o professor no desenvolvimento de uma epistemologia mais rica e autêntica, ou seja, dar uma compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual (LIMA, 2008).

É perceptível que todo o engajamento escolar investigativo possibilitou a humanização das ciências que, por si só, melhora o aprendizado dos estudantes com os próprios conceitos científicos, motivando e potencializando o interesse entre eles com os estudos, bem como humanizando os seres envolvidos no processo educacional.

O estudante Pedro Henrique Cravo Santos da 2ª série do ensino médio gostou bastante do projeto Lavando o Amanhã, pois, conforme suas próprias palavras, “os alunos tiveram a oportunidade de realizar aulas experimentais, mesmo a escola não dispo de um laboratório de ciências”, como demonstrado na figura 1. Além disso, o aluno mencionou que a produção do sabão promoveu “maior conscientização ambiental e o desenvolvimento do relatório experimental preparou os alunos para a realidade do ensino superior que futuramente enfrentarão.”

Figura 1 - Síntese do sabão



Fonte: Alyson, 2018.

A proposta do projeto teve como principal apelo as questões ambientais, uma vez que o óleo usado geralmente é descartado de forma incorreta em pias, ralos ou armazenado em recipientes e depois colocado no lixo pelas famílias dos estudantes, conforme averiguado no debate inicial feito em sala.

Após a execução do experimento, este projeto foi expandido à aldeia Irajá, em virtude do desejo do estudante indígena Vinícius. O aluno afirmou que o projeto trouxe

mudança de hábito para toda a sua família, por isso ele demonstrou interesse em construir esses conhecimentos (conscientização ambiental, produção de sabão e etc.) junto a sua aldeia. Para realizar o projeto na comunidade indígena foi necessário primeiramente entrar em contato com o cacique para que este autorizasse que nosso projeto fosse levado à sua comunidade. Vinícius ficou responsável pela divulgação e por mobilizar os jovens a participarem da produção do sabão. A prática aconteceu em um domingo à tarde (02/09/18) e contou com a presença de nove indígenas, conforme mostra a figura 2.

Figura 2 - Síntese do sabão na aldeia Irajá



Fonte: Alyson, 2018.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os professores envolvidos no projeto almejam propiciar aos alunos trabalho interdisciplinar de pesquisa, valorizando o conhecimento e visando desenvolver aprendizagem com sentidos e significados. No início do 2º trimestre 2018, durante as jornadas de planejamento pedagógico, os professores junto a equipe pedagógica, definiram os detalhes do presente projeto que seria desenvolvido, conforme plano de ensino e os pontos de contato comuns entre as disciplinas. Assim, após o projeto desenvolvido, perceberam que conseguiram alcançar os objetivos propostos inicialmente e, mais que oferecer momento de aprendizagem experimental, ofertaram a construção do conhecimento científico vislumbrando a multiplicidade sem a fragmentação do saber na comunidade escolar e indígena.

Diante do êxito do projeto, pretende-se mantê-lo como atividade fixa na escola das disciplinas de química e física, envolvendo todas as séries do ensino médio. Visando melhorias e potencializando suas ações, os professores estenderão, através dos “multiplicadores formados”, a coleta do óleo para os estabelecimentos comerciais que estão no entorno da escola e em outras comunidades indígenas pertencentes ao município, promovendo conscientização social, ambiental e sustentabilidade.

A iniciativa de produzir sabão ecológico com óleo de cozinha usado trouxe relevante aprendizado e satisfação por parte de todos os envolvidos neste projeto. Como educador, pode-se perceber o entusiasmo dos alunos com aulas experimentais, pois no cotidiano escolar dificilmente viabilizam-se conhecimento prático aos discentes.

É gratificante saber que ações de responsabilidade social e ambiental atinge não somente o âmbito escolar, mas também as famílias e as comunidades em que os alunos estão inseridos. As práticas foram executadas com sucesso, pois em todas as séries envolvidas, conseguiu-se produzir o sabão de forma satisfatória e, além disso, o sabão foi distribuído para ser usado na limpeza geral da própria escola e nas casas dos nossos alunos. Todos que utilizaram o sabão afirmaram que o mesmo removeu a gordura e a sujeira de

maneira eficiente e produziu bastante espuma, características importantes de qualquer bom sabão. Infere-se que este projeto tem grande potencial de aplicabilidade em outras unidades de ensino, pois a produção do sabão ecológico exige materiais e reagentes de fácil acesso, podendo ser realizada na própria sala de aula sob a orientação do professor. Ao término deste projeto, ficou evidente que as atividades que envolvem a questões ambientais são de grande importância para a comunidade escolar e que práticas pedagógicas diferenciadas permitem novos olhares, possibilitando ampliar o conhecimento de todos os envolvidos.

VII. REFERÊNCIAS

BATISTA, R. F. M. & Silva, C. C. **A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências**. *Estud. Avançados* 32, 97–110 (2018). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0008>. Acesso em: 20 agosto 2020.

BORTOLUZZI, O. R. S; **Poluição dos solos e águas pelos resíduos de óleo de cozinha**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual de Goiás, GO, 2011. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1754/1/2011_OdeteRoselidosSantosBortoluzzi.pdf. Acesso em: 10 janeiro 2020.

CURRÍCULO BÁSICO COMUM (CBC), **Nova Proposta Curricular do Estado Espírito Santo**; Secretaria da Educação, Guia de implementação/SEDU, Vitória, 2009. Disponível em: [https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Estadoal_\(FINAL\).pdf](https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Estadoal_(FINAL).pdf). Acesso em: 20 setembro 2018.

LANA, R; **Prefeitura de Aracruz faz alerta quanto ao aumento significativo de incidência de escorpões**. Disponível em: <http://www.pma.es.gov.br/noticia/86263/>, acesso em: 28 agosto 2018.

LIMA, L. D. S. C. & HORTA, R. C. A. **As ciências humanas e sociais no processo de reconstrução da sociedade na perspectiva cidadã**. *Novos mapas para as ciências sociais e humanas*, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/eces.1359>. Acesso em: 20 agosto 2020.

PEREIRA, L. de L. S. & *et al*; **Aula de Química e Surdez: sobre Interações Pedagógicas Mediadas pela Visão. Química Nova na Escola**, Vol. 33, Nº1, 2011. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_1/07-AF4510.pdf. Acesso em: 28 setembro 2018.

YAGUELLO, M. Introdução. In: BAKHTIN, M. (Org.). **Marxismo e filosofia da linguagem**. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

VIII. AGRADECIMENTOS

Agradeço à equipe pedagógica e gestora da EEEFM Misael Pinto Netto por todo o apoio moral, pedagógico e material para o desenvolvimento do presente trabalho, extravasando sempre as potencialidades da escola para além dos muros que delimitam o espaço físico.

Agradecimento especial ao Instituto Federal do Espírito Santo pelo suporte teórico e, excepcionalmente a professora Nádia e o professor César, que contribuíram

enormemente para o desenvolvimento de práticas educativas dentro da área da Química.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 25/10/2020

Aprovado em: 13/02/2021

Área: Ciências Agrárias e Biológicas

4-9	<p>ASSOCIATION BETWEEN VISCERAL FAT AND BIOMARKERS IN MILITARY MEMBERS OF THE BRAZILIAN ARMY</p> <p>ASSOCIAÇÃO ENTRE A GORDURA VISCERAL E BIOMARCADORES EM MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO</p> <p>Marly Melo Zanetti; Marcos De Sá Rego Fortes; José Firmino Nogueira Neto; Paulo Murillo Neufeld</p>
-----	--



ASSOCIATION BETWEEN VISCERAL FAT AND BIOMARKERS IN MILITARY MEMBERS OF THE BRAZILIAN ARMY

ASSOCIAÇÃO ENTRE A GORDURA VISCERAL E BIOMARCADORES EM MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO

MARLY MELO ZANETTI^{1,2}; MARCOS DE SÁ REGO FORTES¹; JOSÉ FIRMINO NOGUEIRA NETO²; PAULO MURILLO NEUFELD³

1 – INSTITUTO DE PESQUISA DA CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO; 2 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO; 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

marly_zanetti@hotmail.com; msrfortes@gmail.com; firminouerj@gmail.com; pmneufeld@yahoo.com.br

Abstract - The aim of this study was to evaluate the association of visceral fat, using DXA, with serum markers in military personnel from the Brazilian Army (BA). The transversal analytic research was based on samples, from 84 military volunteers, who went through all the steps of the assessments. The military volunteers were submitted to body composition and laboratorial anthropometric measurements. Following the Central Limit Theorem, a parametric analysis was applied through the Pearson Correlation Coefficient among the variables of the research. The data processing and statistical analysis were performed in the STATISTICA 12.0 statistic software. The significancy levels used was $p \leq 0,05$. Visceral fat showed more significant correlation coefficients with: FM ($r=0,681$); BMI ($r=0,591$); INSU ($r=0,420$). Conclusion: Visceral fat is significantly associated with FM, BMI, HOMA-R, INSU, GLUC and COL. This validates the scientific findings that correlates obesity with insulin resistance (IR), predisposing individuals to Diabetes Mellitus type 2.

Keywords: Diagnosis. Blood. Prevention and Control. Metabolism.

Resumo – O objetivo deste estudo foi avaliar a associação da gordura visceral, obtida através do DXA, com marcadores séricos em militares do Exército Brasileiro (EB). A pesquisa transversal analítica foi constituída de uma amostra, de conveniência, composta por um total de 84 militares voluntários, que realizaram todas as etapas das avaliações. Os militares foram submetidos a avaliações antropométricas, de composição corporal e laboratorial. Seguindo a Teoria do Limite Central, uma análise paramétrica foi utilizada através do teste de Correlação de Pearson entre as variáveis do estudo. O processamento e análise estatística dos dados foram realizados através do software estatístico STATISTICA® 12.0. O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$. A Gordura Visceral apresentou os coeficientes de correlação mais significativos com: MG ($r=0,681$); IMC ($r=0,591$); INSU ($r=0,420$). A Gordura Visceral se associou significativamente com a MG, INSU, GLIC, HOMA-IR e COL. Isso corrobora os achados da ciência que a obesidade leva a uma resistência insulínica, predispondo o indivíduo ao Diabetes Mellitus tipo 2.

Palavras-chave: Diagnóstico. Sangue. Prevenção e Controle. Metabolismo.

I. INTRODUCTION

It is a consensus in the specialized literature that visceral fat (VF) performs a main role in a physiopathology metabolic illness or with a cardiovascular illness prognosis. Additionally, this is the area with greater inflammatory

process, which may influence intra-abdominal visceral adipose tissue and it relates directly to insulin resistance (IR) levels (BRASIL, 2018).

Among the anthropometric markers used to evaluate obesity and overweight, not only the body area but also the amount of fat is related to metabolic illnesses, reinforcing the pattern of the importance of fat distribution in ones body to one's health. The android type obesity increases the risk of metabolic illnesses and others, compared to gynoid obesity (ROTHNEY *et al.* 2013).

To this effect, it's important to analyze and understand the risk factor, since there's not enough research on military individuals and visceral adipose tissue components. Among them, IR is related to the feedback between hepatic glucose production and insulin production through β cells, to maintain the glucose homeostasis during a fasting period.

This research evaluated military personnel from the Brazilian Army (BA), the association between visceral fat and the serum level of the following biomarkers: glucose (GLU), insulin (INSU), total cholesterol (COL), triglycerides (TRIG), high-density lipoproteins (HDL-c) and cortisol (CORT), and the calculations of the HOMAR-IR indexes. Understanding physiopathology of adipose tissue and biomarkers behavior will allow in the future the development of strategies to non transmitted illnesses prevention.

II. METHODS

2.1 - Volunteers' profile

84 active military men of the Brazilian Army (BA) were volunteers, without preexisting chronic non-transmitted diseases, ages between 30 and 59 years old and BMI $\geq 20 \text{Kg/m}^2$. The BMI measurement followed the criteria from the World Health Organization (WHO). All volunteers were serving in Rio de Janeiro, RJ, when the material was collected. This research was approved by the Ethics Committee (CAAE:16739119.4.0000.9433).

2.2 - Collection of data

The collection of data was performed in the *Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército*, through anthropometric markers (total body mass, height and waist

circumference), blood to analyze the parameters GLU, INSU, CORT, COL, TRIG and HDL-c and body composition measured by absorptiometry to obtain the visceral adipose tissue (VAT) measurement. The military volunteers provided the sample only once, with scheduled date and time, and in the morning during the circadian cycle of CORT. Also, they followed the requirements of a 12-hour fasting, to wear suitable clothes and not exercising on the day before collecting the sample (HENRY, 2012).

At first, serum was collected. The analytical phase biochemical automation by enzymatic colorimetric method of final-point by spectrophotometry for GLI; GPO/PAP for TRIG; CHE/CHOD/PAD for COL and colorimetric without precipitation CHO/PAD/TOOS, for HDL-c. For the measurement of CORT, it was used the principle that associates the immunoenzymatically method with fluorescence detection, and finally chemiluminescence method for INSU was used. The method chosen for the investigation of IR was the mathematical model of HOMA-IR evaluation (BRASIL, 2018).

In order to assess the outcome of blood variables, the study followed the cutoff point established for each reagent package and the Guidelines of institutions in the area of Laboratory Medicine for adults over 20 years of age. Serum GLI levels are controlled by the hormones glucagon and INSU, being considered between 70 and 99 mg / dL, when the individual is fasting for eight hours, as normal tolerance. Consequently, fasting blood glucose lower than 100 mg / dL was established as a normal reference. One of the important aspects to be observed in the application of HOMA-IR in a given population is the presence of cut off points specific to the race or age range presented by the studied population or cut off points for populations that are as similar to the one under study. For the results of biomarkers GLU, INSU e CORT, along with serum markers from lipid profile (HDL-c, COL e TRIG) it was also made use of an indirect variable to measure the IR through a calculation (HOMA-IR) and the serum values of GLU and INSU were involved in the calculation.

Given the above, the Brazilian adult has a predicted benchmark that must be less than 2.15. According to the fasting established as the protocol of this study, the lipid profile followed the respective desirable reference values COL <200mg / dL, TRIG <150mg / dL and HDL-c > 40mg / dL, considered to define sufficient health status.

Secondly, the military volunteers started the evaluation in the DXA (Dual-energy X-ray absorptiometry), using the software in Core 2015, 12.02 version. This method allows specific measurements of every body part such as VF among other parameters. The VAT analysis was performed by CoreScan VAT, a software that evaluates the android region (ROTHNEY *et al.* 2013; KELLY, 2018).

It is noteworthy that until now there is no specific cut off point for TAV for this population, we do not have epidemiological data that shows the pathological profile this variable in the military population MG and MM do not have established cutoff points for this population and the methodology used.

For further BMI calculations, the total of body mass was measured (Kg), with the aid of EKS® scale, and the height (m) measured by a Sanny®, Personal Caprice floor stadiometer. All evaluations of the adult males followed the procedures and recommendations of the World Health Organization *et ali.* (WHO,1995; WHO,2000).

The average BMI was 29.3 kg / m² and can be considered borderline of what is considered overweight, which is a BMI of 30 kg / m². What characterizes a risk factor in the anthropometric profile and the measures are above the WHO references.

2.3 - Statistic Analysis

The statistic software STATISTICA 12.0 was used in this research. Following the Central Limit Theorem (CLT) and for the descriptive statistics, measures of central trend and dispersion of the quantitative variables were adopted. For the inferential statistics, the Pearson Correlation Test was applied to verify the association among the research variables. The adopted significance value was $p \leq 0.05$.

III. RESULTS

3.1 - Descriptive Statistics

Table 1 shows the main anthropometric characteristics of volunteers according to descriptive statistics. The average age was 40,4 years old ($\pm 8,2$ years). For the anthropometric averages, the BMI showed average of 29,3 ($\pm 3,14$ kg/m²).

Table 1 - Average, Standard Deviation, Maximum e Minimum of the variables AGE, BMI e WC from samples of military volunteers

DESCRIPTIVE STATISTICS					
	N	MIN	MAX	AVARAGE	S.D.
AGE	84	30	59	40,4	8,22
BMI	84	22,0	38,7	29,3	3,14
WC	84	76,1	117,4	97,7	7,4

AGE, BMI, Body mass index; WC, Waist circumference; N, number; MIN, Minimum; MAX, Maximum; AVARAGE; S. D. Standard Deviation.

Table 2 shows the results obtained from the variables of interest in this research, used for the body composition measurements using the DXA method and biomarkers. It was noticed the average 1.317g for the VAT of military men, considering there isn't, until now, a specific cut-off score for this population. It wasn't disposed any data that shows evidence of the pathological profile in the variables of the volunteers.

these analyses, the average values had no change. On average, the serum concentrations of all biomarkers, are within the reference values.

The biomarkers showed the following averages: COL (193,7 mg/dL), TRIG (125,4 mg/dL), HDL (43,6 mg/dL), GLU (91,4 mg/dL), INSU (9,1 mcU/mL) and CORT (116,3 ng/mL). According to the recommendations of Oliveira and Cruz (2015) there is no evidence of a test to detect direct IR, emphasizing the need to use the HOMAR-IR calculation. In this research, in which we observed average of (2,08), it showed that a reference value should be lower than 2,15. According to this, it is possible to affirm the numbers are within normality. The concentrations of HDL-c have an average of 43,6 ($\pm 8,75$ mg/dL), considered to be lower than the reference values of a sufficient healthy condition.

Table 2 - Average, Standard Deviation, Maximum e Minimum of the variables of DEXA and BIOMARKERS from military volunteers samples

DESCRIPTIVE STATISTICS					
DEXA/BIOMARKERS	N	MIN	MAX	AVERAGE	S.D.
FM (Kg)	84	14,74	44,97	26,82	5,94
LM (Kg)	84	47,43	87,07	60,55	7,19
VAT (g)	84	7,0	3,076	1,317	589,6
GLU (mg/dL)	84	78,0	113,0	91,4	8,25
INSU (mcU/mL)	84	2,4	25,8	9,14	4,75
Homa IR	84	0,5	6,5400	2,08	1,14
CORT (ng/mL)	84	40,6	223,8	116,3	42,42
HDL (mg/dL)	84	24,0	87,0	43,6	8,75
COL (mg/dL)	84	124,0	260,0	193,7	27,95
TRIG (mg/dL)	84	33,0	376,0	125,49	63,63

FM, Fat mass; LM, Lean mass; VAT, Visceral adipose tissue; GLU, Glucose; INSU, insulin; HOMA-IR, Homeostatic model assessment; CORT, cortisol; HDL, high density lipoprotein; COL, cholesterol; TRIG, Triglycerides.

3.2 - Inferential Statistics

Table 3 presents that GLU is moderate and significantly associated to VAT ($r = 0,344$), and also demonstrates significant association and moderation with the HOMA-IR concentrations ($r = 0,320$). However, it was not observed significant association between LM and VAT, but among the biomarkers INSU, GLU, HOMAR-IR and VAT a moderate association was found ($r = 0,420$, $r = 0,344$ e $r = 0,461$). It should be emphasized that the VAT presented significant association with all IR indirect markers. When it comes to the strong significant association among the body composition components, the VAT once again showed association to FM.

Additionally, significant positive and moderate associations were observed, between INSU and HOMAR-IR ($r = 0,429$) and between INSU and FM ($r = 0,431$), the last association contributes influencing the VAT and IR.

Table 3 - Pearson Correlation Coefficient among variables derived from DEXA and BIOMARKERS of military volunteers

CORRELATIONS							
		FM	LM	VAT (G)	GLU	INSU	Homa IR
FM	r		,323**	,723**	,159	,429**	,431**
	p		,001	,000	,109	,000	,000
	N		103	103	103	101	100
LM	r			,135	-,026	,146	,121
	p			,174	,794	,145	,231
	N			103	103	101	100
VAT (G)	r				,344**	,420**	,461**
	p				,000	,000	,000
	N				103	101	100
GLU	r					,177	,320**
	p					,077	,001
	N					101	100
INSU	r						,986**
	p						,000
	N						100

FM, Fat mass; LM, Lean mass; VAT, Visceral adipose tissue; GLU, Glucose; INSU, Insulin; HOMA-IR - Homeostatic model assessment; ** significancy levels $p \leq 0.01$.

Table 4 presents Pearson Correlation Coefficient test among variables of body composition, measured by DEXA, and the biomarkers related to the study of the lipid profile of military men, along with the CORT hormone. There was no observation of associations among VAT, CORT and HDL. Nevertheless, the VAT had a positive correlation with COL, even though it was weak ($r=0,2381$). Finally, the biomarker TRIG did not present any significant correlation with any of the variables in this research.

Table 4 - Pearson Correlation Coefficient among variables derived from DEXA and the biomarkers CORT, CT, HDL-C, TRIG of military volunteers

CORRELATIONS								
		FM	LM	VAT (G)	CORT	HDL-C	COL	TRIG
FM	r			,328**	,681**	-,039	-,050	,061
	p			,002	,000	,725	,655	,582
	N			84	84	84	84	84
LM	r			,100	-,1072	-,0283	-,323**	,0348
	p			,363	,332	,798	,003	,753
	N			84	84	84	84	84
VAT (G)	r				-,120	-,1481	,2381*	,0946
	p				,226	,179	,029	,392
	N				84	84	84	84
CORT	r					,031	-,085	-,025
	p					,756	,392	,801
	N					84	84	84
HDL-C	r						,212	-,414**
	p						,053	,000
	N						84	84
COL	r							,128
	p							,196
	N							84

FM, Fat mass; LM, Lean mass; VAT, Visceral adipose tissue; CORT, Cortisol; HDL, high density lipoprotein; COL, Cholesterol; TRIG, Triglycerides; Significant correlation $p \leq 0.05$, ** Significant correlation $p \leq 0.01$.

IV. DISCUSSION

Paradisi *et al.* (1999) observed that abdominal adipose tissue, determined by DXA, was the most predictable of the metabolic variables, showing significant correlation with the biomarkers GLU, TRIG and COL. Trayhurn (2013), Després and Lemieux (2006) e Carr *et al.* (2004) affirm that VAT accumulation increases the adipokine, consequently causing IR, causes an increase and acquisition of free fatty acids (FFA) and lipolysis, causing once again a lipid and glycemic imbalance, and emphasizing the existing relation among others VF, dyslipidemia, IR and hyperglycemia.

The accumulation of this tissue is associated to DM2, low grade chronic inflammation and atherogenic dyslipidemia which has a positive association with GLU and a negative one with HDL- c (MEISINGER, 2006; DJOUSSÉ *et al.* 2012). In another research, with similar average age, it was found a significant association between the VF volume and diabetes. However, there was not significant associations analyzed with a lipid profile, confirming our results where there was

weak correlation with COL and there was no association with TRIG. Only the HDL-c was inversely proportional to VAT (BARROSO *et al.*, 2017).

A transversal study aiming to examine measurements of VAT, through DXA analysis, the same used in this research, presented a significant and positive correlation between VAT and DM2 (ROTHNEY, 2013). Fox *et al.* (2007) e Lee *et al.* (2018) in similar studies, demonstrate, as determined by the selection model, that VAT was the only fat accumulation associated to dyslipidemia and hyperglycemia, and also was associated to decreasing HDL-c and greater chances of IR. The findings of their research is very similar to our results, with the exception of the TRIG that was not correlated.

The data presented show a positive association among the IR and VAT biomarkers collected from DXA. Our results are confirmed by other studies as the Park *et al.* (2015) study that used the same methodology for the analysis of body composition, emphasizing the relation between VAT and IR.

Confirming our findings, a transversal research with the same image method used in this research, it was verified the association among VAT, biomarkers and adult male sensitivity to INSU, and findings show that VAT are directly associated to IR (SASAI *et al.*, 2015). In a different research, with male adults over 35 years old, who did not have DM, the authors investigated the association of VAT and IR, using the same biomarkers to our research, and body composition evaluation using CT, showing positive strong and positive correlation with IR (CORNIER, *et al.*, 2019), as shown in this research.

Rezende *et al.* (2007) observed that VF is specially correlated with increased levels of TRIG and lower levels of HDL-c. These results are similar to our study, also confirming the strong negative association between VAT and HDL. Confirming our findings, a transversal research using DXA as evaluation method to evaluate body composition, relate VAT to lipid profile of individuals in the same age group. It was concluded that VAT was strongly associated with low HDL-c. Another research, with a group of individuals with DM2, went through abdominal CT to evaluate distribution of VAT. Additionally, the same biomarkers were evaluated, and the results showed a VAT associated with elevated COL and a lower HDL-c (SNIDERMAN; FURBERG, 2008).

Aiming to examine the relative association of VAT with cardiometabolic risk factors among 2.035 African-Americans and 3.170 European-Americans, a transversal research submitted these individuals to a VAT evaluation. High TRIG, low HDL-c and MS as GLU and lipid profile alterations, were positively associated with o VAT (LIU *et al.*, 2014). In a different study, now with a longitudinal research, 1.964 asian individuals were analyzed to find the effects of VAT in the existence of MS. It was observed that the VAT area was strongly associated to a larger incidence of MS. The VAT area presented significant association to a higher incidence of MS, that is, TRIG, elevated GLU and a lower HDL-c. The VAT area was longitudinally associated to abnormalities of each biochemical variable used for diagnosing MS (KWON *et al.*, 2017).

According to Walton *et al.* (1995), the VF is directly related to hyperglycemia and IR, and also with a high probability of GLU intolerance, decreasing the lipoprotein lipase and increasing the TRIG and COL levels and decreasing HDL-c levels. Pascot *et al.* (2000) presents in a research samples of male individuals diagnosed with a low

tolerance of GLU, and in the research the male participants show a greater quantity of VAT and increased concentration of GLU in the plama, as well as INSU. They also show higher concentration of plasmatic COL, TRIG and lower concentrations of HDL-c. This study demonstrated that VAT accumulation is an important physiopathological factor of lipid illnesses observed in male individuals with a lower GLU tolerance.

The introduction of lipolysis before excess of CORT and with chronic obesity contributes to modify endocrine profile in the VAT. Even if there is no hypercortisolism (as in this research), the function of the adipose tissue may contribute to IR throughout the CORT stimulation in this providing not only the storage as well as the elimination of fat (TESFAYE; SEAQUIST, 2010; SAMUEL *et al.* 2010). Currently, data conflicts exist due to the lack of longitudinal studies and lack of specific reference value to indicate the increase or decrease of this hormone, due to its liberation through the VAT in the subclinical inflammation, when acting as endocrine system. The performance of CORT regulating metabolic homeostasis is controversial, although some studies present the elevation in individuals with abdominal obesity, other studies do not show the same results, as we do not either.

Teixeira and Rocha (2007) and Walker (2006) point out evidence that the age, genetic predisposition, high levels of CORT, among other factors, contribute to visceral obesity, and consequently could be considered contributing factors to patients who present IR. This was not observed in this research.

As a goal to verify the relation between the VAT obtained through DXA, the physical performance and biomarkers (GLI, TRIG e HDL-c) in BA soldiers, Rodrigues *et al.* (2020) could verify that the only biochemical variable that presented significant positive correlation with VAT was TRIG, resulting in a divergent result to this research. It is important to point out that in another study specifically performed by military personnel, did not find significant results relating to the lipid profile (SASAI, 2015). With this, the low prevalence of biomarkers alterations studied with the samples from military volunteers of the BA, the results could be explained due to the greater level of physical activities. In this research, it was observed that military individuals with higher levels of VAT show modified COL, GLU, INSU e HOMAR-IR, leading to findings from Haarbo *et al.* (1991). They found association of VAT accumulation and lipid profile, demonstrating that excess of adipose tissue could be related to a modified lipid profile. More studies show similar results (BODEN *et al.*, 2001; WAJCHENBERG *et al.* 2002; THORNE *et al.*, 2002).

V. CONCLUSION

The analysis of the association of VAT and biomarkers gave evidence to the importance of distribution of body fat in the metabolic profile of military men. Additionally, it is clearer that IR, obtained with HOMA-IR, is the most significant metabolic marker influenced by VAT.

Our findings reinforce the relation among BMI, WC and VF. The WC presented a coefficient of correlation with a o,735 VAT and a BMI of $r=0,591$. This means that the WC explains 54% of the VAT variability, while the BMI explains 35% of the VAT variability. In this research, the WC behaved as a more precise indicator of VF than BMI, as the elevated WC lead to more probable cardiometabolic disorder.

The results in this research also indicate that CORT did not show significant correlation to VAT, indicating similar results with current studies that show contradicting correlation and data. It is well established in literature the inverse correlation among HDL-c, the VAT variables and the IR; as well as the positive values from other markers of lipid profile when associated to VAT in a sample from civilian population. The values found in this research confirm the negative weak correlation of HDL-c; in the COL variable the value presented confirmed the direct relation to VAT, even though it was also weak.

VI. REFERENCES

- BARROSO, T.A. *et al.* Association of Central Obesity with The Incidence of Cardiovascular Diseases and Risk Factors. **Int J Cardiovasc Sci**, v.30, n.5, p.416-424, 2017.
- BODEN, G. *et al.* Effects of acute changes of plasma free fatty acids on intramyocellular fat content and insulin resistance in healthy subjects. **Diabetes**, v.50, n.7, p.1612-1617, 2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **VIGITEL Brasil 2017: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018.
- CARR, D.B. *et al.* Intra-abdominal fat is a major determinant of the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria for the metabolic syndrome. **Diabetes**, v.53, n.8, p. 2087-2094, 2004.
- CORNIER, M.A. *et al.* Assessing adiposity: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v.124, n.18, p.1996-2019, 2011.
- DESPRÉS, J.P.; LEMIEUX, I. Abdominal obesity and metabolic syndrome. **Nature**, v.444, n. 7121, p.881-887, 2006.
- DJOUSSÉ, L. *et al.* Adiposity and incident heart failure in older adults: the Cardiovascular Health Study. **Obesity**, 20, n.9, p.1936-1941, 2012.
- FOX, C.S. *et al.* Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study. **Circulation**, v. 116, n.1, p.39-48, 2007.
- HAARBO, J. *et al.* Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). **Clin Physiol**, v.11, n.4, p.331-341, 1991.
- HENRY, J.B. **Diagnóstico Clínico e tratamento por Métodos Laboratoriais**. São Paulo: Manole, 2012.
- KELLY, T.L. **Practical and technical advantages of DXA visceral fat assessment compared with computed tomography**. United States: Hologic, 2018.
- KWON, H.; KIM, D.; KIM, J.S. Body Fat Distribution and the Risk of Incident Metabolic Syndrome: A Longitudinal Cohort Study. **Sci Rep**, v.7, n.1, p.10955, 2017.
- LEE, J.J. *et al.* Visceral and Intrahepatic Fat Are Associated with Cardiometabolic Risk Factors Above Other Ectopic Fat Depots: The Framingham Heart Study. **Am J Med**, v.131, n.6, p. 684-92, 2018.
- LIU, J. *et al.* Differential associations of abdominal visceral, subcutaneous adipose tissue with cardiometabolic risk factors between African and European Americans. **Obesity (Silver Spring)**, v.22, n.3, p. 811-818, 2014.
- MEISINGER, C. *et al.* Body fat distribution and risk of type 2 diabetes in the general population: are there differences between men and women? The MONICA/KORA Augsburg cohort study. **Am J Clin Nutr**, v.84, n.3, p.483-489, 2006.
- OLIVEIRA, C.M.; CRUZ, M.M. Sistema de Vigilância em Saúde no Brasil: avanços e desafios. **Saúde em Debate**, v.39, n. 104, p. 255-267, 2015.
- PARADISI, G. *et al.* Dual energy X-ray absorptiometry assessment of fat mass distribution and its association with the insulin resistance syndrome. **Diabetes Care**, v.22, n. 8, p. 1310-1317, 1999.
- PARK, J.H. *et al.* TCT-329 Correlation Between Visceral Fat and Coronary Artery Calcium in Metabolic Syndrome Patients. **J Am Coll Cardiol**, v. 66, n.15, B132, 2015.
- PASCOT, A. *et al.* Contribution of visceral obesity to the deterioration of the metabolic risk profile in men with impaired glucose tolerance. **Diabetologia**, v. 43, n. 9, p.1126-1135, 2000.
- REZENDE, F. *et al.* Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos. **Arch Latinoam Nutr**, v.57, n.4, p.327-334, 2007.
- RODRIGUES, L.C. *et al.* Gordura visceral, aptidão física e marcadores bioquímicos de militares brasileiros. **Rev Bras Med Esporte**, v. 26, n.1, p. 21-24, 2020.
- ROTHNEY, M.P. *et al.* Abdominal visceral fat measurement using dual-energy X-ray: association with cardiometabolic risk factors. **Obesity**, v.21, n.9, p.1798-1802, 2013.
- SAMUEL, V.T.; PETERSEN, K.F.; SHULMAN, G.I. Lipid-induced insulin resistance: unravelling the mechanism. **Lancet**, v. 375, n. 9733, p.2267-2277, 2010.
- SASAI, H. *et al.* Does Visceral Fat Estimated by Dual-Energy X-ray Absorptiometry Independently Predict Cardiometabolic Risks in Adults? **J Diabetes Sci Technol**, v. 9, n.4, p. 917-924, 2015.
- SNIDERMAN, A.D.; FURBERG, C.D. Age as a modifiable risk factor for cardiovascular disease. **Lancet**, v. 371, n. 9623, p. 1547-1549, 2008.
- TEIXEIRA, P.J.R.; ROCHA, F.L. Associação entre síndrome metabólica e transtornos mentais. **Rev. Psiq. Clín**, v. 34, n.1, p.28-38, 2007.
- TESFAYE, N.; SEAQUIST, E.R. Neuroendocrine responses to hypoglycemia. **Ann N Y Acad Sci**, v. 1212, p. 12-28, 2010.
- THORNE, A. *et al.* A pilot study of long-term effects of a novel obesity treatment: omentectomy in connection with adjustable gastric banding. **Int J Obes Relat Metab Disord**, v.26, n.2, p.193-199, 2002.
- TRAYHURN, P. Hypoxia and adipose tissue function and dysfunction in obesity. **Physiol Rev**, v. 93: p.1-21, 2013.

WAJCHENBERG, B.L. *et al.* Depot-specific hormonal characteristics of subcutaneous and visceral adipose tissue and their relation to the metabolic syndrome. **Horm Metab Res**, v.34, n.11, p.616-621, 2002.

WALKER, B.R. Cortisol--cause and cure for metabolic syndrome? **Diabet Med**, v.23, n.12, p.1281-1288, 2006.

WALTON, C. *et al.* Body fat distribution, rather than overall adiposity, influences serum lipids and lipoproteins in healthy men independently of age. **Am J Med**, v.99, n. 5, p.459-964, 1995.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Obesity:** preventing and managing the global epidemic. Report of a World Health Organization Consultation. Geneva: World Health Organization, 2000.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Physical status:** the use and interpretation of anthropometry, WHO Expert Committee. Geneva: WHO technical report series, 1995.

VII. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thanks the Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército for supporting the research.

VIII. COPYRIGHT

The authors are the only ones responsible for the material included in the article.

Submetido em: 23/01/2021

Aprovado em: 10/02/2021

Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-3	<p>JAI: PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS DIGITAIS ACESSÍVEIS AO PÚBLICO IDOSO</p> <p>JAI: PROCESS OF DEVELOPING DIGITAL GAMES ACCESSIBLE TO THE ELDERLY PUBLIC</p> <p>Leonardo Frazão Xavier; Eveline De Jesus Viana Sá</p>
3-4	<p>MELHORANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UNIDADE HIDRÁULICA DE EXTRUSORA DE BORRACHA</p> <p>IMPROVEMENT ENERGY EFFICIENCY IN HYDRAULIC UNIT OF RUBBER EXTRUDER</p> <p>Eric Andrade Dos Santos; Marcio Zamboti Fortes</p>
3-6	<p>OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DE BAGAÇO DE MALTE POR ATIVAÇÃO QUÍMICA E A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO</p> <p>OBTENTION OF ACTIVATED CARBON FROM BREWERS' SPENT GRAIN BY CHEMICAL ACTIVATION AND THE PROCESS' OPTIMIZATION</p> <p>Adrielly Nasario Mildemberg; Arislete Dantas De Aquino; Fabiane Hamerski; Walderson Klitzke</p>

JAI: PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS DIGITAIS ACESSÍVEIS AO PÚBLICO IDOSO

JAI: PROCESS OF DEVELOPING DIGITAL GAMES ACCESSIBLE TO THE ELDERLY PUBLIC

LEONARDO FRAZÃO XAVIER¹, EVELINE DE JESUS VIANA SÁ²

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO; 2 – INSTITUTO FEDERAL DO MARANHÃO

leonardo.f.xavier@gmail.com; eveline@ifma.edu.br

Resumo - A população mundial vem envelhecendo e o avançar da idade debilita o corpo humano ao ponto que até os simples afazeres da vida se tornam cada vez mais difíceis de se executar, causando sensação de frustração, se agravando ao isolamento e depressão. Existem esforços em produzir tecnologias que ajudem os idosos no retorno ao convívio social e na promoção do bem-estar. Pesquisadores como Ijsselsteijn et al. (2007) e Tarouco et al. (2014) veem nos jogos eletrônicos uma ferramenta de diversão capaz de ajudar na reabilitação física e mental de pessoas idosas, pois alguns jogos podem oferecer desafios que despertam habilidades cognitivas e reflexos físicos que vinham sendo perdidos. Para contribuir com a produção de tecnologias acessíveis aos idosos, este trabalho propõe um processo de desenvolvimento de jogos digitais que une características de desenvolvimento ágil e diretrizes de acessibilidade em cada fase do processo. O resultado foi um arcabouço para construir um modelo de desenvolvimento de jogos que contempla não apenas as etapas do processo de desenvolvimento de um jogo acessível, mas também a própria gestão do projeto.

Palavras-chave: Acessibilidade. Idoso. Processo. Jogos Digitais.

Abstract - The world population is aging and the advancing age weakens the human body to the point that even the simple chores of life become increasingly difficult to perform, which causes a feeling of frustration, isolation and depression. There are efforts to produce technologies that help the elderly to return to social life and to promote well-being. Researchers like Ijsselsteijn et al. (2007) and Tarouco et al. (2014) see electronic games as a playful tool and capable of offering physical and mental rehabilitation to the elderly, as some games can offer challenges that awaken lost cognitive skills and physical reflexes. To contribute to the production of technologies accessible to the elderly, this work proposes a process for developing digital games that brings together characteristics of agile software development and accessibility guidelines at each stage of the process. The result was a framework for building a game development model that contemplates not only the stages of the process of developing an accessible game, but also the project management itself.

Keywords: Accessibility. Elder. Process. Games.

I. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2018), a expectativa de vida da população continua aumentando e o número de pessoas com 60 anos deverá alcançar a marca de 2 bilhões até 2050. Essa população idosa costuma estar mais propensa ao surgimento de doenças crônicas e desordens mentais e neurológicas.

Diante deste cenário, os jogos digitais podem colaborar melhorando o bem-estar físico e mental dos idosos, aumentando suas conexões sociais e oferecendo um meio agradável de aproveitar o tempo (IJSELSTEIJN *et al.*, 2007). Segundo Tarouco *et al.* (2014), os jogos digitais também podem proporcionar a melhora da flexibilidade cognitiva, pois funcionam como uma ginástica mental, aumentando a rede de conexões neurais e alterando o fluxo sanguíneo no cérebro quando em estado de concentração. Além disso, os estudos de Berse e outros (2018) evidenciaram a capacidade de atividades lúdicas em promover trabalho cardiovascular e conseqüentemente favorecer a saúde de idosos e um envelhecimento saudável.

O processo de desenvolvimento de um jogo requer a aplicação de técnicas de engenharia de software para estruturar de forma racional cada etapa da criação de um jogo. Aleem (2016) identifica uma série de aplicações da engenharia de software para o desenvolvimento de jogos (GDSE, do inglês Game Development Software Engineering), mas que dedicam pouco espaço para avaliação e adaptação de acessibilidade, o que acaba dificultando a inclusão de idosos a novas tecnologias e entretenimento digital, pois a idade avançada impõe restrições e obstáculos em lidar com recursos tecnológicos, havendo a necessidade de uma atenção especial no desenvolvimento de jogos digitais direcionados a adultos mais velhos (MACHADO & ISHITANI, 2015).

No esforço de usar a GDSE para produzir conteúdo inclusivo, os autores deste trabalho desenvolveram o Processo de Desenvolvimento de Jogos Digitais Acessíveis ao Público Idoso (JAI) com o objetivo de orientar a criação de jogos digitais que atendam às demandas de acessibilidade do público idoso.

II. METODOLOGIA

O primeiro passo foi a análise de bibliografias que abordam a aplicação da engenharia de software ao processo de desenvolvimento de jogos digitais. Esse levantamento inicial de dados serviu para identificar as características predominantes de cada modelo e processo de desenvolvimento de jogos e quais destas podem agregar maior valor ao produto final almejado. Ainda na fase de pesquisas, foram estudadas as formas como a acessibilidade vem sendo aplicada em jogos digitais e quais são as propostas

de pesquisadores para melhorá-la, tal como visto em trabalhos relacionados.

Por fim, a base do modelo JAI foi montada com os conhecimentos adquiridos sobre GDSE e evoluiu à medida que as orientações de acessibilidade eram integradas ao processo, sem torná-las destoantes às demais atividades envolvidas.

Incluir a participação do idoso em todas as etapas do processo é um ponto chave para garantir que o produto seja avaliado em tempo de produção e o projeto do jogo seja retroalimentado a partir do ponto de vista do próprio usuário. A partir dessa conclusão, o processo foi refinado para atender aos critérios de design participativo e design centrado no jogador.

III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As pesquisas para construção do JAI foram concentradas em conhecer a realidade dos idosos; entender a aplicação da GDSE; e identificar iniciativas de acessibilidade digital.

3.1 – O Público Idoso

Todo ser humano deve ter a oportunidade de viver uma vida longa e saudável, entretanto a exposição a fatores de risco como poluição e violência, acesso a serviços de saúde e de cuidado social e oportunidade de participação ativa na sociedade afetam diretamente a qualidade de vida da população e as chances de um envelhecimento saudável. A OMS (2020) define envelhecimento saudável como “o processo de desenvolvimento e manutenção da capacidade funcional que possibilita o bem-estar na terceira idade”.

Alterar a forma como nos comunicamos e realizamos tarefas do dia-a-dia é uma especialidade das novas tecnologias. Soluções tecnológicas como as que vêm sendo desenvolvidas para o público sênior (HOLLAND, 2018) e aplicação de inteligência artificial no diagnóstico e predição de doenças como câncer, doenças visuais e Alzheimer (BRITISH COUNCIL, 2020) são algumas iniciativas que visam incluir o público idoso de volta em todas as atividades cotidianas que lhes forem competentes, seja nos trabalhos domésticos, nos relacionamentos sociais, ou mesmo nos momentos de lazer.

3.2 – Engenharia de Software no Desenvolvimento de Jogos

Quando a criação de videogames passou a demandar grandes equipes e projetos de alta complexidade, muitas companhias passaram a adotar o Modelo Cascata (é um modelo cujo o processo segue um fluxo contínuo para frente, havendo pouca ou nenhuma interação de uma etapa avançada com as suas anteriores) já usado em outras indústrias de softwares, entretanto a experiência com o passar dos anos mostrou que o modelo tradicional (modelo cascata e suas variações) não se adequa ao desenvolvimento de jogos, o que levou as empresas a experimentarem modelos incrementais como alternativa até 2001, quando surgiu desenvolvimento ágil (KEITH, 2010).

Surgidos em 2001 para flexibilizar o processo de desenvolvimento de softwares, os Modelos Ágeis gerenciam melhor os imprevistos que surgem durante qualquer etapa do projeto e sofrem um menor impacto no orçamento e na agenda de produção. A comunicação contínua entre desenvolvedores e clientes, a divisão das tarefas em pequenos ciclos que englobam da modelagem à implantação de cada

novo recurso e o espírito de equipe sempre valorizado por estes modelos tornam as equipes flexíveis, adaptáveis e motivadas a superar os obstáculos que surgem em qualquer projeto de jogo digital (KEITH, 2010).

3.3 – Acessibilidade digital para Idosos

A acessibilidade significa evitar barreiras impróprias que impedem que pessoas com deficiências acessem ou desfrutem de um produto ou serviço (Game Accessibility Guidelines, 2020). Segundo a OMS (2020), mais de um bilhão de pessoas vivem com algum tipo de deficiência, isso equivale a aproximadamente 15% da população.

As Diretrizes de Acessibilidade para o Conteúdo da Web (WCAG, do inglês Web Content Accessibility Guidelines) é um documento que carrega uma série de recomendações de acessibilidades para criação e publicação de conteúdo Web (W3C, 2018); e por vezes adaptado para outros contextos que envolvem acessibilidade a conteúdos digitais.

No contexto da engenharia de software e interação humano-computador muito esforço já vem sendo aplicado para criação de interfaces que ofereçam uma comunicação eficiente com o usuário. As três regras de ouro para modelagens de interface de usuário são o alicerce que guia este importante aspecto da criação de softwares (PRESSMAN, 2015, p. 318-321): manter o usuário no controle, evitando interações que forcem ou induzam o usuário realizar ações indesejadas; reduzir a carga de memorização do usuário através de interfaces que façam uso de metáforas reais que poupem o usuário de memorizar padrões exclusivos em cada software; e fazer uma interface consistente que permita ao usuário reconhecer sua localização no software e navegar através de padrões já formalizados.

A literatura da engenharia de software no desenvolvimento de jogos não prevê uma metodologia de desenvolvimento bem definida para atender às necessidades dos usuários de acessibilidades. Esta carência é abordada por guias, recomendações e diretrizes propostas por projetos paralelos e iniciativas independentes, normalmente advindas de pesquisas acadêmicas, institutos de padronização e outros trabalhos colaborativos.

IV. TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos relacionados a seguir contemplam diretrizes e técnicas a serem aplicadas ao desenvolvimento de jogos acessíveis.

Cheiran (2013) faz um compilado de diversas diretrizes de acessibilidade de outros autores e propõe adaptações para serem aplicadas ao desenvolvimento de jogos. Machado e outros (2015) propuseram um conjunto de heurísticas para avaliar a jogabilidade de jogos digitais quando aplicados ao público idoso. Duque e Ishitani (2016) analisaram técnicas de progressão de dificuldade em jogos digitais e propuseram meios de balancear os desafios aplicados aos jogadores idosos. Já em 2018, Duque *et al.* (2018) propõe a aplicação de técnicas de “Design Centrado no Usuário” e “Design Participativo” para envolver os idosos na participação de jogos digitais. E por fim, o Game Accessibility Guidelines (2020), cujo trabalho colaborativo de estúdios de jogos, acadêmicos e pesquisadores foi compilado em um documento online que oferece dezenas de diretrizes para acessibilidade em jogos digitais.

O segundo grupo de trabalhos relacionados apresenta processos e modelos da aplicação da GDSE. Esta pesquisa deu atenção especial às estratégias de estúdios e pesquisadores inspirados em métodos ágeis.

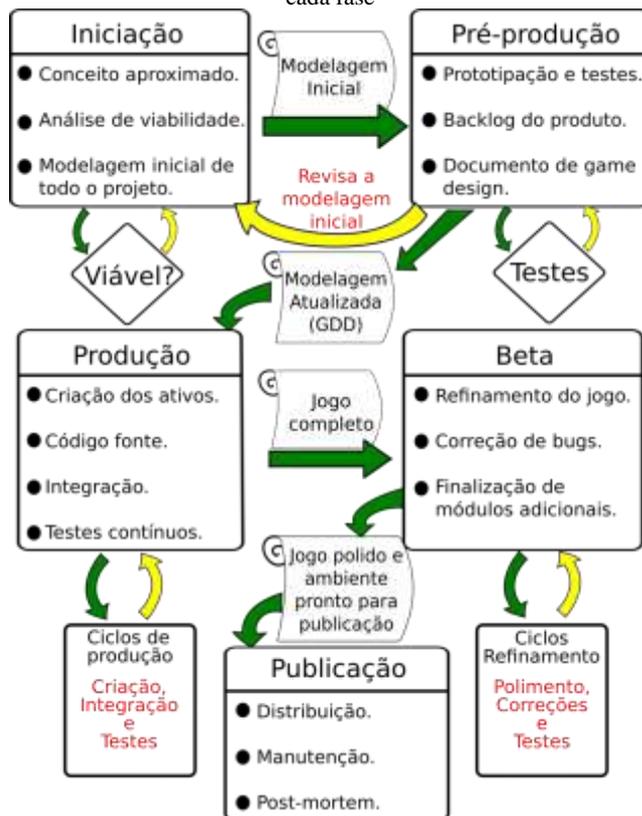
Kruchten (2003) utiliza um modelo denominado Processo de Desenvolvimento Unificado (do inglês Unified Development Process) que é focado em converter a análise de requisitos em componentes funcionais para o software e é definido em 5 fases: requisitos, análise, modelagem, implementação e testes. O estúdio Blitz (2020) trabalha com um modelo em 6 fases: *Pitch* (modelagem inicial e conceito do jogo), Pré-produção (GDD - do inglês Game Design Document), Produção principal (implementação do conceito do jogo), Alpha (testes internos), Beta (testadores terceirizados) e master (lançamento do jogo). Hendrick (2014) propõe um ciclo de vida para GDSE dividido em 5 fases, consistindo de Prototipação (modelagem do protótipo inicial), Pré-produção (GDD), Produção (criação de ativos, código fonte e integrações), Beta (feedback de usuários) e *Live* (pronto para jogar). McGrath (2014) dividiu o ciclo de vida do GDSE em 6 fases: Modelagem (modelagem inicial e GDD), Construção/Reconstrução (desenvolvimento do motor do jogo), Avaliação (se não passar, então reconstruir), Testes (testes iniciais), Revisão de lançamento (testes terceirizados), Pós-produção (atividades de post-mortem). Ramadan (2013) elaborou uma proposta de processo em 6 fases (Iniciação, Pré-produção, Produção, Testes, Beta e Lançamento) não lineares e contando com quatro estágios de prototipação com objetivos bem definidos. A aplicação da metodologia Scrum no desenvolvimento de jogos proposta por Keith (2010) sintetiza, para fins didáticos, o processo de criação de jogos em 4 fases: Conceito, Pré-produção, Produção e Pós-produção.

V. JAI: PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS DIGITAIS ACESSÍVEIS AO PÚBLICO IDOSO

Os critérios a seguir foram selecionados para nortear a construção dos fluxos de trabalho do processo JAI, assim como para aumentar a viabilidade de sua adoção: Design Participativo e Design Centrado no Humano, Metodologia Ágil, Acessibilidade em todo o processo e Adequação a equipes pequenas.

Assim como os demais processos de desenvolvimento, o JAI segmenta todo o esforço de criação do jogo em etapas e tarefas distintas para melhor gerir o fluxo de trabalho. A proposta consiste em cinco fases. A Figura 1 apresenta a estrutura do processo JAI e os artefatos produzidos em cada fase.

Figura 1 - Estrutura do processo JAI e os artefatos produzidos em cada fase

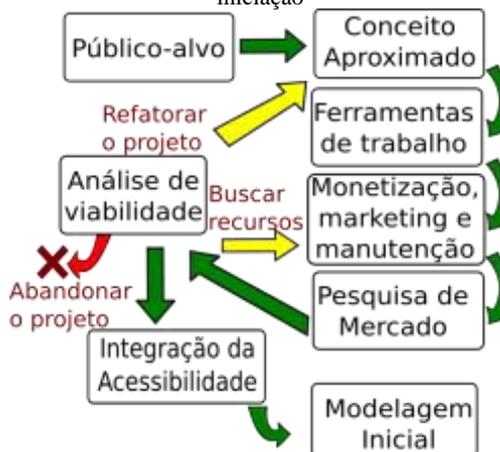


Fonte: Figura do autor, 2020.

5.1 – Iniciação

O desenvolvimento da fase de iniciação segue uma sequência de atividades quase linear, tendo o resultado da análise de viabilidade como condicional para interrupção, redirecionamento ou prosseguimento com as atividades, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Sequência de atividades sugeridas para a fase de iniciação



Fonte: Figura do autor, 2020.

A definição de público-alvo do jogo é a primeira atividade dentro do processo JAI. Todo produto é criado para alcançar alguém, para ser usado por algo ou alguém em determinada condição e situação. Com o público-alvo em mente, todo o desenvolvimento do projeto tem como meta criar algo de valor para estas pessoas.

O conceito aproximado é um conjunto de informações básicas que descrevem o jogo a ser criado, mas com detalhes o suficiente para que qualquer pessoa possa entender a ideia

geral do jogo através dessa leitura. Deve incluir informações como: gênero e subgênero; mecânicas básicas; arte conceitual, controle, plataforma para publicação e outras características que se julgue importante para descrever o jogo.

O conceito aproximado do jogo oferece as informações necessárias para que a equipe do projeto escolha quais ferramentas de trabalho são necessárias para criação do jogo. Obter esta listagem dos softwares, hardwares e periféricos ajuda a mensurar o custo total do projeto, pois algumas dessas ferramentas podem adicionar despesas de compra ou de licença de uso.

Traçar as estratégias de monetização, marketing, sistema de atualização e suporte ao cliente trata-se de estudar e adaptar estratégias para financiar o projeto, conhecer as mídias para divulgá-lo e torná-lo visível ao público-alvo, e por último, esboçar como será feita a manutenção e o suporte ao cliente após publicação do jogo.

O jogo a ser criado deve ser visto como um produto a ser vendido e consumido, portanto, realizar a pesquisa de mercado ajuda a compreender o comportamento do mercado onde este jogo será anunciado. Ao confrontar os resultados da pesquisa de mercado com o conceito aproximado, a equipe é capaz de analisar a viabilidade do projeto e tomar a melhor decisão diante do resultado obtido.

Após passar pela análise de viabilidade, o conceito aproximado e a escolha do público ajudarão a compreender as diretrizes de acessibilidade que o jogo deve atender. O objetivo desta tarefa é elencar o máximo de diretrizes que se adaptam ao jogo proposto, organizá-las e estabelecer uma ordem de prioridade para implementação.

A modelagem inicial do projeto é a união de todos os estudos, pesquisas e resultados desenvolvidos durante a fase de iniciação organizados na forma de um GDD. Somado ao GDD, deve ser adicionado um cronograma inicial contendo a listagem de todas as atividades macro, recursos, módulos, ativos, integrações que devem ser realizadas para a conclusão do projeto e o tempo estimado para realização de cada tarefa.

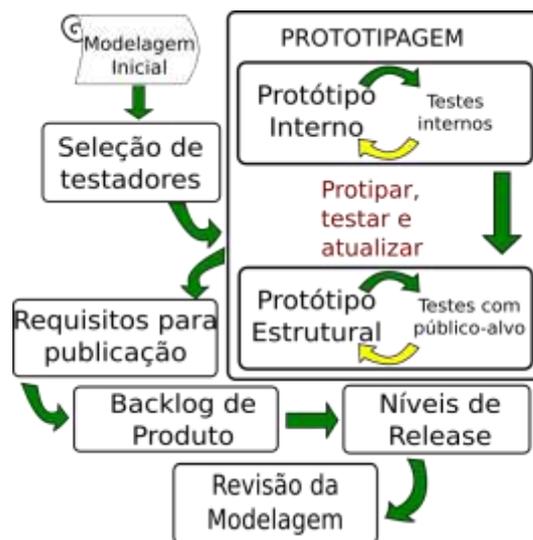
5.2 – Pré-produção

Durante a fase de pré-produção ocorre o amadurecimento do projeto. Cada atividade dessa fase produz conhecimentos para aperfeiçoar o GDD e preparar o projeto para iniciar os ciclos de produção, como apresentado na Figura 3.

Antes de iniciar a prototipação, é importante pré-selecionar candidatos para realização dos testes. Deve ser incluído pessoas compatíveis com público-alvo e portadores de deficiência para ajudar a avaliar as diretrizes de acessibilidade implementadas.

Os protótipos internos devem representar a ideia central da jogabilidade e funcionamento do jogo descrita no GDD para ser testado internamente pela equipe, enquanto que os protótipos estruturais são mais aprimorados e já voltados para testes com o público-alvo, portanto já incluem adaptações de acessibilidade.

Figura 3 - Sequência de atividades sugerida para a fase de Pré-produção



Fonte: Figura do autor, 2020.

Durante a fase de pré-produção devem ser implementadas as diretrizes de acessibilidade mais genéricas, mas que contemplem um grande público, e as diretrizes que afetam diretamente os candidatos dos primeiros testes.

As plataformas de distribuição de jogos possuem políticas e mecanismos próprios que podem incluir taxas por publicação, custo de kit de desenvolvimento para plataforma, padrões e normas a serem atendidas e prazos para avaliação do jogo pela gestora da plataforma antes de liberar a publicação. Portanto, a equipe deve preparar o ambiente para publicação do jogo e verificar se seu projeto segue as orientações da plataforma desejada.

A lista de atividades criada durante a modelagem inicial deve ser atualizada para contemplar tudo que for considerado necessário para a realização do jogo e, em seguida, organizada demonstrando as cadeias de dependências que há entre as atividades. Tal como o backlog do produto na metodologia Scrum (SCHWABER, 2017), esta lista ordenada é um documento vivo e deve ser atualizada à medida que o projeto evolui e novos requisitos são descobertos.

O backlog do produto é a base para a criação dos “níveis de release”. Os níveis de release são momentos em que certos grupos de ativos, recursos e mecânicas de jogos listadas no backlog do produto estarão desenvolvidas e compiladas em uma versão jogável e passível de testes com usuários.

Todos os novos conhecimentos adquiridos devem ser usados para revisar e atualizar cada tópico do GDD preliminar antes de avançar para a próxima fase. Esta revisão da modelagem deve incluir um cronograma maduro que contemple o backlog de produtos e os níveis de release.

5.3 – Produção

Diferente das fases anteriores, a fase de produção não possui uma sequência de tarefas lineares do começo ao fim. Os backlogs do produto vão sendo consumidos à medida que a produção avança através de sucessivas atividades de desenvolvimento, teste e atualização: o que é chamado de ciclo de produção mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Sequência de atividades sugerida para a fase de Produção



Um ciclo de produção tem como objetivo alcançar uma meta semanal e cada meta é constituída de um grupo de recursos que a equipe planeja entregar ao final da semana. Ao começo de cada ciclo de produção a equipe deve se reunir para atualizar as metas e o plano de testes que irá avaliá-las.

Durante a fase de produção existe a oportunidade de implementar a maioria das diretrizes de acessibilidade propostas pelo projeto. O JAI recomenda que sejam implementadas todas as diretrizes de baixo custo e alto alcance que condizem com o tipo de jogo sendo criado, além das recomendações de usabilidade, diretrizes envolvidas diretamente com a jogabilidade e balanceamento de dificuldades.

Um nível de release pode demandar um ou mais ciclos de produção e é concluído após a realização dos testes de aceitação e coleta dos feedbacks que contribuirão para os ajustes dos próximos ciclos de produção, possivelmente em forma de novas funcionalidades para o backlog do produto. Por se tratar de uma versão do jogo que será testada com jogadores do público-alvo é importante que novos recursos de acessibilidade sejam adicionados ou ajustados a cada nível de release.

O JAI define dois tipos de testes durante a fase de produção. Os testes internos são realizados ao fim de cada ciclo de produção por membros da própria equipe para revisão de critérios técnicos do jogo, além de avaliar o balanceamento de dificuldade. O segundo tipo são os testes de aceitação aplicados a cada nível de release. Estes requerem a participação de pessoas selecionadas previamente e que se encaixam no público-alvo do projeto para avaliar as adaptações de acessibilidade, critérios de usabilidade e diversão do jogo.

Por fim, realizar as atividades paralelas que ocorrem fora do núcleo principal de desenvolvimento do jogo: integração com a plataforma de distribuição; prototipação dos módulos de monetização, atualização e suporte; e criação dos materiais de marketing.

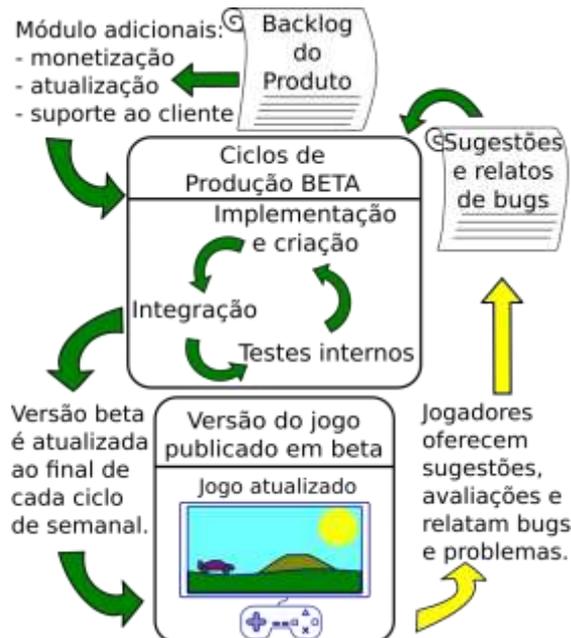
Quando todas as mecânicas, ativos, interfaces e configurações estiverem prontas e trabalhando em sinergia e com o máximo de bugs corrigidos, a fase de produção estará

concluída e a equipe deve se preparar para a disponibilizar o jogo para testes na fase beta.

5.4 – Beta

A fase Beta mantém o sistema de trabalho em ciclos de produção semanais, porém se difere da fase de produção pelo tipo de conteúdo a ser produzido. Enquanto a fase de produção cria novos conteúdos e os níveis de release para demonstração com os testadores selecionados, a fase beta cria versões melhoradas do mesmo conteúdo e usa o sistema de atualizações para apresentar estas novas versões ao fim de cada ciclo de produção. A fase Beta é apresentada na Figura 5.

Figura 5 - Sequência de atividades sugerida para a fase Beta



O JAI sugere que os canais de comunicação com os testadores sejam sempre atualizados e, se possível, disponibilizar um endereço de página web para se reportar bugs e oferecer sugestões ou avaliações. A forma como o jogo será publicado em versão beta depende da plataforma de distribuição escolhida. A exemplo, a Google Play Store (2020) oferece a opção de teste aberto para publicação da versão beta para um grupo maior de possíveis testadores.

A correção de bugs e outros problemas relatados pelos testadores deve ser prioridade, enquanto que sugestões devem ser documentadas e avaliadas se serão implementadas durante a fase beta ou se ficarão no plano de manutenção e expansão do jogo.

Enquanto ocorrem os testes beta e os *feedbacks* são enviados, a equipe deve aproveitar para finalizar os módulos (monetização, atualização e suporte ao cliente) prototipados durante a fase de produção.

Os polimentos são modificações sutis realizadas no jogo para melhorar a imersão e explorar a sensação de prazer nos jogadores. Todos os módulos devem estar completos ao fim da fase beta e os polimentos e correções de bugs devem continuar até o jogo alcançar o nível de publicação oficial.

A publicação, também chamada de lançamento, é o marco mais desejado para qualquer projeto de jogo digital. Após a modelagem do projeto, prototipagem, criação de conteúdos, testes, correções e polimentos, o jogo finalmente é oficialmente lançado, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Sequência de atividades sugerida para a fase de Publicação



Fonte: Figura do autor, 2020.

Se o jogo encontra-se finalizado, polido, testado, todos os módulos adicionais funcionando, todos os requisitos da plataforma de distribuição já satisfeitos e o marketing do jogo em execução, então está tudo pronto para a publicação oficial do jogo. Após publicá-lo, a equipe deve acompanhar as vendas (ou simplesmente downloads), manter a comunicação constante com a comunidade ao redor do jogo e dedicar-se intensamente ao marketing.

Com o fim dos ciclos de produção e o jogo já publicado, é recomendado que o plano de manutenção inclua a implementação das diretrizes de acessibilidade de alto impacto e complexidade, além das diretrizes importantes que não foram implementadas a tempo durante a fase de produção.

A equipe deve atualizar a documentação com os dados mais recentes e criar o plano de manutenção e expansão. Este plano envolve um cronograma para implementação de recursos adicionais ao jogo, além de correções de bugs pontuais. Quando as atividades de desenvolvimento são desaceleradas, a equipe pode se reunir para compartilhar conhecimento (*post mortem*) e definir o ponto de encerramento do projeto - estado em que o jogo será dado como finalizado e não receberá mais atualizações.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma preocupação global quanto a geração de bem-estar e inclusão digital da população idosa. Entretanto, mesmo as maiores lojas virtuais de softwares disponibilizam poucos aplicativos adaptados às necessidades especiais desta grande parcela da população. Durante o levantamento de dados bibliográficos, foi possível identificar várias iniciativas quanto a propostas de diretrizes pontuais para tornar os jogos acessíveis, mas nenhum modelo que abordasse todo o processo em si, da concepção da ideia à publicação. Portanto, o JAI se mostrou capaz de propor soluções técnicas avançadas e foi documentado de forma a servir de apoio a futuros trabalhos e estudos que abordem o bem-estar e a inclusão digital da população idosa.

O processo JAI e as orientações que o acompanham estruturam um arcabouço para a concepção e consolidação futura de um modelo de desenvolvimento de jogos acessíveis que contemplará não apenas etapas de um processo de desenvolvimento, mas também a própria gestão do projeto, integrando de forma articulada diretrizes de acessibilidades já consistentes que ajudam a evitar barreiras que dificultam a inclusão de idosos e pessoas com deficiências ao contexto das tecnologias e entretenimento.

- ALEEM, S., Capretz, L. F., & Ahmed, F. (2016). Game development software engineering process life cycle: a systematic review. **Journal of Software Engineering Research and Development**, 4(1). Doi:10.1186/s40411-016-0032-7
- BLITZ GAME STUDIO, (2020). **Project Lifecycle**. Disponível em http://www.blitzgamesstudios.com/blitz_academy/game_dev. Acessado em: 20 set. 2020.
- BERSE, Veronica. *et al.* Comportamento Cardiovascular em Atividades Lúdicas Realizadas por Idosas. **Revista Sodebras [on line]**, v.13, n. 145, p. 114-117, 2018. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N145.pdf>>. Acessado em: 15 dez. 2020.
- BRITISH COUNCIL. **How can technology help us meet the needs of our ageing society?**. Disponível em: <https://www.britishcouncil.org/anyone-anywhere/explore/communities-connections/technology-ageing-society>. Acessado em: 20 set. 2020.
- CHEIRAN, Jean. **Jogos Inclusivos: diretrizes de acessibilidade para jogos digitais**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 2013.
- DUQUE, Ezequiel. *et al.* **Uma análise sobre o desenvolvimento participativo de jogos educacionais voltados para a terceira idade**. SBIE. 2018.
- DUQUE, Ezequiel; ISHITANI, Lucila. **Uma análise da adequação de desafios em jogos móveis considerando o público idoso**. SBGAMES. 2016.
- GAME ACCESSIBILITY GUIDELINES. **A straightforward reference for inclusive game design Full List**. Disponível em <http://gameaccessibilityguidelines.com/full-list/>. Acessado em 06 jul. 2020.
- GOOGLE PLAY. **Lista de verificação do lançamento**. Disponível em <https://developer.android.com/distribute/best-practices/launch/launch-checklist>. Acessado em 08 jul. 2020.
- HENDRICK A (2014). **Project Management for Game Development**. Disponível em: <http://mmodidbits.com/2009/06/>. Acessado 20 set. 2020.
- KRUCHTEN, Philippe. **The Rational Unified Process: An Introduction**, Third Edition. Addison Wesley Longman, Reading, 2003
- HOLLAND, Taylor Mallory. **4 Healthy Aging Technology Solutions for Seniors**. Samsung Insights. 2018. Disponível em: <https://insights.samsung.com/2018/02/22/4-healthy-aging-technology-solutions-for-seniors/>. Acessado em: 20 set. 2020.
- IJSSELSTEIJN, Wijnand *et al.* **Digital Game Design for Elderly Users**. 2007. Disponível em: <http://alexandria.tue.nl/openaccess/Metis215142.pdf>. Acessado em: 20 set. 2020.
- KEITH, Clinton. **Agile game development with Scrum**. RR Donnelley. Estados Unidos, Indiana. 2010
- MACHADO, Mônica Consolação & ISHITANI, Lucina. **Heurísticas para avaliação de gameplay direcionadas a idosos**. SBGAMES. 2015. Disponível em:

<http://www.sbgames.org/sbgames2015/anaispdf/artesedesign-full/147318.pdf>. Acessado em: 20 set. 2020.

MCGRATH, Joshua. **The game development lifecycle: A theory for the extension of the agile project methodology.** 2014. Disponível em: <https://blog.dopplerinteractive.com/post/112172271166/the-game-development-lifecycle-a-theory-for-the>. Acessado em 20 set. 2020.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Ageing and Health.** Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>. 2018. Acessado em: 21 set. 2020.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Ageing and life-course: What is “Healthy Ageing?”.** Disponível em: <https://www.who.int/ageing/healthy-ageing/en/>. 2020. Acessado em: 10 de fev. 2021.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. **Software Engineering: A practitioner's Approach.** 8. ed. Estados Unidos, Nova York: McGraw-Hill Education, 2015.

RAMADAN, R.; Widyani, Y. (2013). **Game development life cycle guidelines.** 2013 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS). doi:10.1109/icacsis.2013.6761558

SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. **Guia do Scrum.** Um guia definitivo para o Scrum: As regras do Jogo. Versão em português do Brasil. Outubro de 2017. Disponível em: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Portuguese-Brazilian.pdf>. Acessado em: 20 set. 2020.

TAROUCO, Liane Margarida *et al.* **Jogos Educacionais.** 2014. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo3/af/30-jogoseducacionais.pdf>. Acessado em: 20 set. 2020.

W3C. **Web Content Accessibility Guidelines 2.1.** Disponível em <https://www.w3.org/TR/WCAG21>. 2018. Acessado em: 20 set. 2020.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 30/11/2020

Aprovado em: 13/02/2021

MELHORANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UNIDADE HIDRÁULICA DE EXTRUSORA DE BORRACHA

IMPROVEMENT ENERGY EFFICIENCY IN HYDRAULIC UNIT OF RUBBER EXTRUDER

ERIC ANDRADE DOS SANTOS ¹, MARCIO ZAMBOTI FORTES¹

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

ericandrade63@hotmail.com, mzamboti@id.uff.br

Resumo - Este artigo apresenta um estudo na regulação de uma bomba variável modelo Bosch Rexroth A10VSO com variador DFRI. A finalidade é obter de redução do consumo de energia elétrica no motor de indução trifásico (acionador deste sistema). Realizou-se estudo para comprovação dos ganhos associados ao procedimento de regulação realizado em condições nominais de funcionamento do equipamento. Este procedimento mantém a confiabilidade e eficácia do sistema estudado sem comprometer o processo produtivo. Os testes em campo para medição de tensão e corrente ilustram as condições reais nas quais o conjunto motor de indução trifásico e bomba variável de pistões axiais estavam submetidos. Foram avaliados dois cenários, inicialmente um cenário sem regulação preconizada e em uma medição posterior com o procedimento efetuado. As ações foram realizadas em uma máquina específica dentro do setor produtivo obtendo ganhos em torno de 60% de redução do consumo de energia elétrica. Entende-se que estudos como este podem ser utilizados amplamente em equipamentos semelhantes otimizando a eficiência energética de todas as máquinas do setor fabril. Entende-se que a metodologia aplicada nesse trabalho possa ser estendida aos outros equipamentos de maior consumo em plantas industriais com ganhos significativos.

Palavras-chave: Bomba variável, eficiência energética, Motor de indução trifásico.

Abstract – This paper presents a research done in the regulation system of a variable pump model Bosch Rexroth A10VSO with DFRI variator. The purpose is to get a decreasing of electric energy consumption in the three-phase induction motor (driver of this system). The study was carried out to prove the gains associated with the regulation procedure performed under nominal conditions of operation of the equipment. This procedure keeps the reliability and effectiveness of these studied system without compromising the production process. Field tests with voltage and current measurement illustrate the actual conditions in which the three-phase induction motor assembly and variable axial piston pump were subjected. Two scenarios were evaluated, initially in a scenario without recommended regulation and in a subsequent measurement with the procedure performed. The actions were carried out on a specific machine within the production sector achieving 60% reduction in the electric power consumption. It is understood that studies such as this can be used widely in similar equipment optimizing the energy efficiency of all machines in the manufacturing sector. It is understood that the methodology applied in this work can be extended to other equipment of higher consumption in industrial plants with significant gains.

Keywords: Variable Pump, energy efficiency, three-phase induction motor.

I. INTRODUÇÃO

O processo de confecção de um pneu envolve diversos tipos de matérias-primas, máquinas e linhas de fabricação desde a extração até o produto para o mercado consumidor e a busca por técnicas que aumentem a confiabilidade dos processos é uma constante (DUARTE *et al.*, 2020)

Dentre as principais linhas de fabricação do pneu, destaca-se o setor de semiacabados no qual é responsável pela confecção do tecido metálico denominado *NDF* (napa de fabricação), sendo este um componente importante da etapa de produção do pneu conferindo durabilidade e resistência à deformação durante a rotação e manobras do veículo. Para produção desse tecido metálico é necessária a utilização de calandras de goma para fabricação do *Skim* (napa de goma antes de ser integrada aos cabos metálicos).

Como principal equipamento deste sistema tem-se a cortadeira de goma que é equipada com uma unidade hidráulica de comando responsável pelo abastecimento do atuador hidráulico que aciona a faca de corte em movimentos verticais. Ao efetuar os cortes na goma, ela é encaminhada para a extrusão através de um tapete transportador seguindo o processo de fabricação.

Todos estes equipamentos e sistemas fazem parte de um processo industrial com grande consumo de energia e todas as possíveis ações de efficientização deste processo devem ser consideradas e analisadas.

São poucos os trabalhos reportando ações específicas em unidades hidráulicas similares a deste estudo. A maioria dos trabalhos foca em sistemas hidráulicos para bombeamento como em Diaz *et al.* (2017).

Um interessante estudo destacando modelos de avaliação para gestão de eficiência energética é apresentado recentemente por Hasan e Trianni (2020) e uma ampla discussão sobre a dificuldade de implantação de ações de eficiência energética na indústria está reportado em Lunt *et al.* (2014).

Exemplos de trabalhos de eficiência energética no setor industrial podem ser encontrados em Dapper *et al.* (2020) e Gomez *et al.* (2018). Além do setor industrial pode-se encontrar estudos recentes focados em técnicas de efficientização como reporta Duarte *et al.* (2021) para edificações e Sanhueza *et al.* (2021) em sistemas de distribuição de energia elétrica.

O artigo é organizado da seguinte forma: na segunda seção é apresentada a revisão teórica, na terceira seção a metodologia é descrita e na quarta a situação problema é

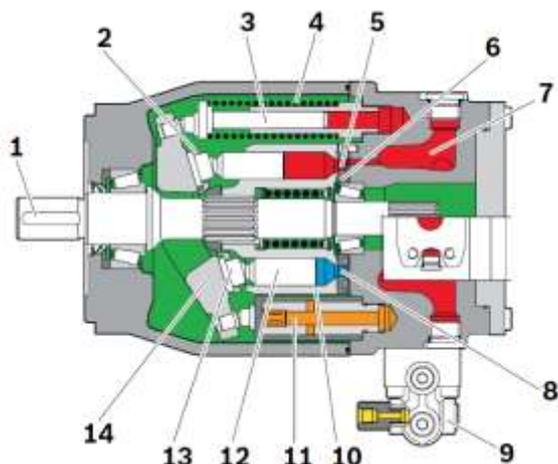
apresentada. Na quinta seção são demonstradas as análises dos resultados e na última seção as conclusões e trabalhos futuros são descritos.

II. REVISÃO TEÓRICA

A bomba variável de pistões axiais Rexroth gera, controla e regula a vazão de um fluido hidráulico. O modelo A10VO foi projetado para aplicações móveis, como máquinas de construção e os modelos A10VSO e A10VSNO são projetados para utilizações estacionárias e suas especificações técnicas podem ser encontradas em RBG¹ (2009) e RBG² (2000).

O fluxo é proporcional à velocidade de acionamento e o deslocamento de fluido hidráulico pode ser alterado de forma contínua de acordo com o controle do berço, indicado com o número 13 na Figura 1. Para unidades com *design* de placa giratória, os pistões são dispostos de forma axial em relação ao eixo de acionamento da bomba conforme ilustra essa mesma figura em no número 1.

Figura 1 - Layout de bomba modelo A10VSO



Fonte: Catálogo RBG¹ (2018).

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| 1 Drive shaft | 7 Pre-compression volume (optional) | 12 Piston |
| 2 Retaining plate | 8 Suction side | 13 Slipper pad |
| 3 Opposed piston | 9 Control valve | 14 Cradle |
| 4 Spring | 10 Cylinder | |
| 5 High-pressure side | 11 Stroking piston | |
| 6 Control plate (distributor plate) | | |

Controle de pressão

O modelo A10VSO é equipado com um controlador de pressão que limita a pressão máxima na saída da bomba dentro da faixa de controle da bomba variável. A bomba variável fornece apenas a quantidade de fluido hidráulico necessária aos consumidores. Se a pressão de trabalho exceder o valor de comando de pressão na válvula de pressão, a bomba irá regular para um deslocamento menor para reduzir o diferencial de controle. As Figuras 2 a 4 são características deste equipamento e foram retiradas do catálogo para explicitar as características técnicas.

III. METODOLOGIA

Como metodologia desta pesquisa optou-se por pesquisa bibliográfica focada nos equipamentos instalados e com medições em campo para caracterização de estudo de caso.

O sistema hidráulico da cortadeira da extrusora trabalha com pressão na bomba variável de 90 bar e na limitadora de pressão do circuito com 110 bar, com

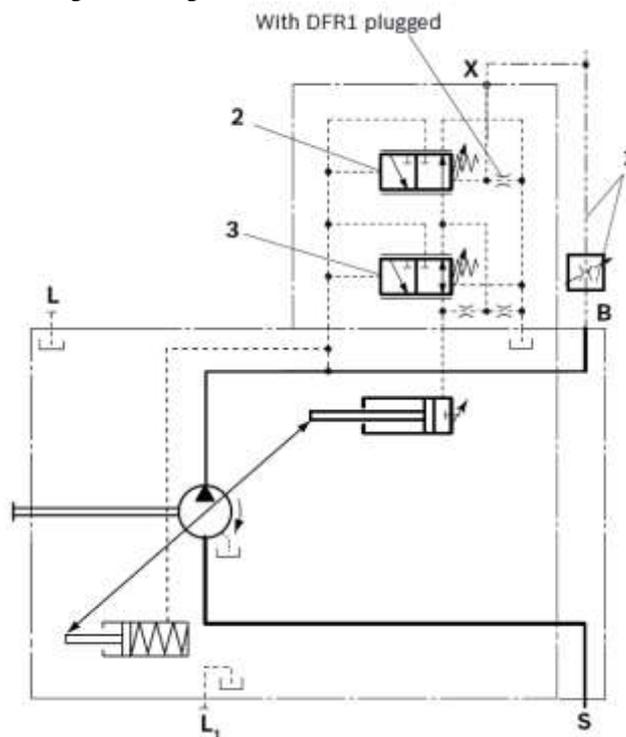
finalidade de transmitir energia hidráulica para o atuador movimentando a faca de corte da goma.

Quando o sistema não opera conforme sua finalidade principal, está caracterizada uma deriva na qual é necessário a intervenção da equipe de manutenção para diagnosticar e solucionar a causa do problema.

3.1 - Regulagem da bomba variável para o sistema hidráulico

A regulagem correta da bomba permite o funcionamento normal do sistema sem afetar a integridade do grupo hidráulico por aquecimento e perda das propriedades do óleo, contribuindo para a diminuição dos vazamentos no equipamento e otimizando a eficiência do motor, pois evita sobrecargas e danos internos no enrolamento e induzido.

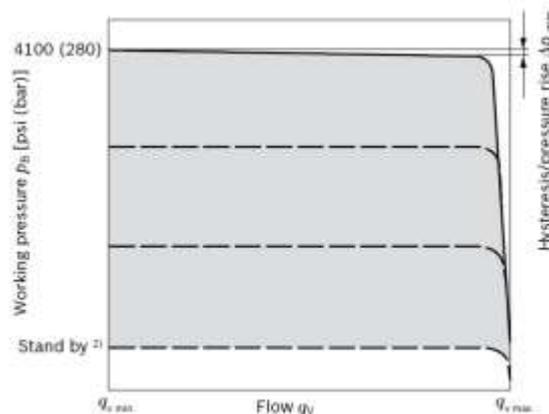
Figura 2 - Diagrama de circuito DFR tamanho 18 até 100



Fonte: Catálogo RBG² (2000).

3.2 - Curvas características do equipamento

Figura 3 - Curva característica de bomba variável A10VSO DFR1

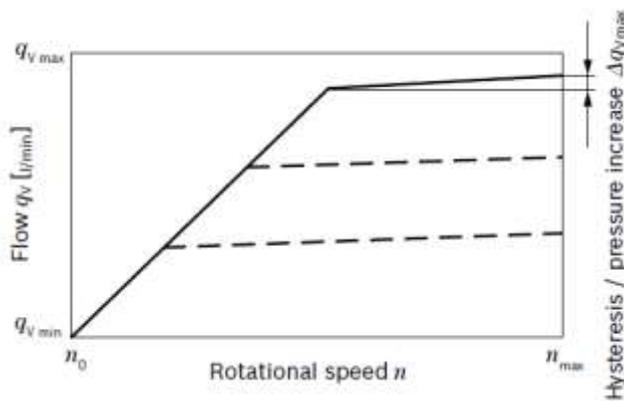


Fonte: Catálogo RBG² (2000)

Como registro descreve-se neste texto o sequenciamento de regulagem:

- 1- Com o grupo hidráulico desligado (sem alimentação elétrica), afrouxar os parafusos de regulagem DR e FR do variador DFR1 conforme Figura 5; 2- afrouxar o parafuso de ajuste da limitadora de pressão totalmente; 3- ligar o grupo hidráulico e certificar que o sistema está com pressão zero; 4- no variador DFR1, realizar o aperto (sentido horário) do parafuso DF até o final do curso; 5- na limitadora de pressão, efetuar a regulagem de pressão do sistema hidráulico através do parafuso de ajuste do componente girando-o no sentido horário e acompanhando a evolução da pressão no manômetro até atingir 110 bar, esse ajuste é para segurança de operação do grupo hidráulico; 6- No variador DFR1, realizar o aperto (sentido horário) do parafuso de ajuste DR controladamente observando o aumento da pressão no manômetro até atingir 90 bar; 7- após procedimento descrito, realizar o acionamento da válvula direcional de comando através da pilotagem manual do carretel com intuito de verificar se as pressões reguladas permanecem normais.

Figura 4 - Curva característica em velocidade variável



Fonte: Catálogo Catálogo RBG² (2000).

Figura 5 - Bomba variável Bosch Rexroth com variador DFR1



Fonte: Catálogo RBG² (2000).

IV. DESCRIÇÃO DO CASO PARA ANÁLISE

A instalação atual da cortadeira de goma é constituída de uma central hidráulica de potência responsável por fornecer energia hidrostática à pressão constante através da bomba variável (fonte de pressão) para os componentes do circuito. Após a geração de pressão, o fluido escoar através das mangueiras para o bloco *manifold*, onde estão

localizadas as válvulas de comando desse sistema, sendo estas responsáveis pelo direcionamento do fluido e fornecendo potência ao atuador hidráulico, recuando ou acionando-o, com intuito de obedecer à sua função principal no sistema (movimentação de corte de produto em conjunto com a faca acoplada à sua haste).

4.1 - Situação problema

Durante uma intervenção na máquina verificou-se que a faca de corte não efetuava “golpes” mesmo com o acionamento dado pelo painel do operador. Após a análise feita pelo profissional de eletricidade e automação, foi constatado que a bomba da central hidráulica não estava recebendo energia mecânica do eixo motor para realizar sua função na transmissão do fluido ao circuito. Decorrente das medições efetuadas no quadro de comando elétrico concluiu-se que estava com alimentação elétrica correta, mas queimado por superaquecimento no enrolamento, possivelmente causado pelo eventual excesso de carga na ponta do eixo.

Além dessa interrupção no funcionamento do motor de indução da central hidráulica, foi possível constatar vazamentos de óleo nos componentes do circuito e temperatura anormal na bomba variável, no bloco *manifold*, nas válvulas de comando e controle e nas mangueiras hidráulicas. Devido ao ocorrido, a máquina ficou indisponível para operação e foi necessária a atuação da equipe de manutenção para troca do motor de indução e posterior retomada ao processo de produção.

4.2 - Descrição dos principais componentes do circuito

Para a operação do sistema hidráulico são necessários componentes que efetuam interligações no sistema cumprindo suas funções principais para que todo o circuito funcione sem interrupções. No diagrama hidráulico da Figura 6 é possível compreender o funcionamento do circuito.

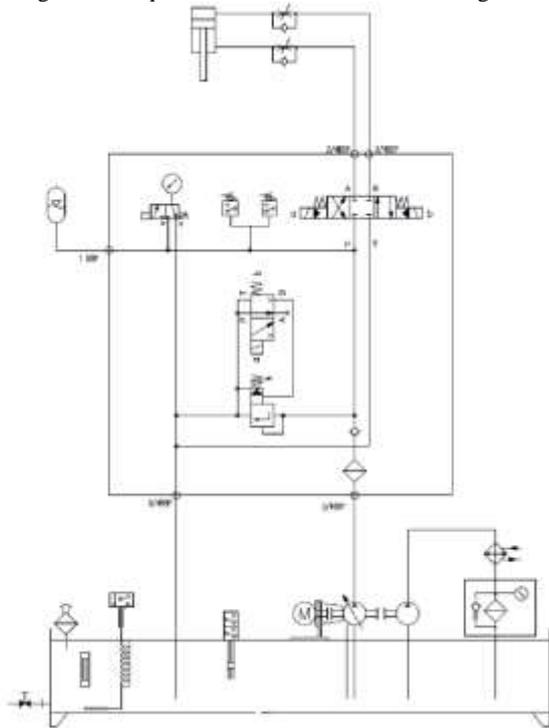
4.3 - Fonte Hidráulica

A fonte hidráulica é constituída pela bomba variável no tipo construtivo de pistões axiais com disco inclinado para acionamentos hidrostáticos com circuito aberto, Bosch Rexroth modelo A10VSO TN45 ($V_{m\acute{a}x} = 45 \text{ cm}^3/\text{rot}$). Esta fonte é acionada por motor de indução trifásico WEG Alto rendimento Plus modelo 160M ($P = 15 \text{ kW}$, $U = 440 \text{ V}$, $f = 60\text{Hz}$).

A pressão de funcionamento do circuito ajustada na bomba variável é constante e de menor valor que a pressão regulada na limitadora do sistema para evitar o aumento demasiado da temperatura do fluido de trabalho.

O sistema é equipado com uma bomba de engrenagens externas Bosch Rexroth modelo AZPF-1X-016RR20PB (RBG⁵, 2020) ($V_g = 16 \text{ cm}^3/\text{rot}$), e esse equipamento tem a função de recircular o fluido hidráulico para o reservatório, arrefecendo-o, e filtrando-o, mantendo as propriedades do físico-químicas do óleo e evitando o desgaste interno das peças.

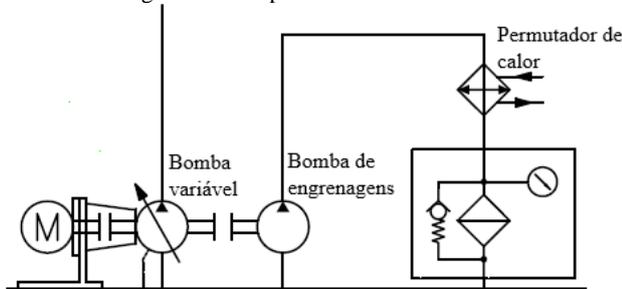
Figura 6 - Esquema hidráulico da cortadeira de goma



Fonte: Autores, 2020.

Para evitar o aumento de temperatura devido ao atrito durante o regime de trabalho do sistema hidráulico, montou-se um permutador de calor água-óleo tipo casco e tubo. Este permutador possui superfície de troca de $0,50 \text{ m}^2$ para controlar a temperatura do fluido em torno de 40°C . A Figura 7 ilustra este sistema da fonte hidráulica.

Figura 7 - Componentes da fonte hidráulica



Fonte: Autores, 2020.

4.4 - Válvula de alívio de pressão

Para realizar o controle da pressão de segurança do sistema hidráulico, foi empregada uma válvula de alívio de pressão (limitadora de pressão) Bosch Rexroth tipo DBW ($P_{\text{máx}} = 315 \text{ bar}$, $Q = 250 \text{ l/min}$, TN10, $U = 24\text{Vcc}$). Esta válvula é destinada a limitar e descarregar magneticamente a pressão de operação pelo carretel principal através do controle do carretel interno da válvula direcional montada acima dela. Informações desta limitadora estão em RBG³ (2017).

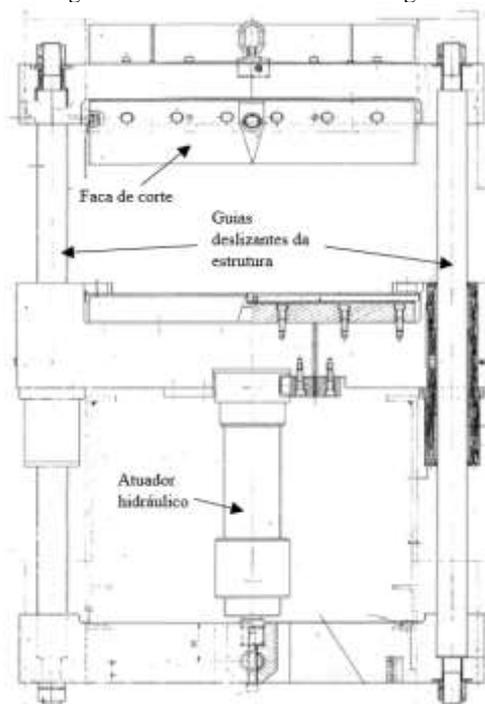
No sistema hidráulico, a solenoide da válvula direcional de duas posições e três vias montada na válvula de alívio de pressão é energizada (solenoide) com tensão de 24Vcc . Esta solenoide controla a pressão de segurança que foi regulada para todo o circuito através da manopla da limitadora e, quando a solenoide não é acionada, o sistema opera com pressão mínima realizando a circulação do fluido hidráulico.

4.5 - Válvula direcional de controle

Com a função primordial de permitir a vazão do fluido hidráulico sob pressão por diferentes vias de sua estrutura com intuito de realizar trabalho através da movimentação do atuador, a válvula direcional Bosch Rexroth de 3 posições e 4 vias modelo 4WEH16E50 ($P_{\text{máx}} = 280 \text{ bar}$, NG16, $Q_{\text{máx}} = 300 \text{ l/min}$) com dupla pilotagem eletro-hidráulica, centragem por mola e centro fechado é empregada no sistema hidráulico. Informações desta válvula estão em RBG⁴ (2008).

Dentro do sistema hidráulico, esta válvula transforma a energia hidráulica em trabalho mecânico através da mudança de posição do carretel acionado por fonte de pilotagem hidráulica comandada por solenoide alimentada por tensão de 110 Vac . A Figura 8 é uma ilustração do conjunto montado.

Figura 8 - Estrutura da cortadeira de goma



Fonte: Autores, 2020.

4.6 - Atuador hidráulico

Responsável por realizar trabalho mecânico proveniente da energia hidráulica recebida em suas câmaras traseira e dianteira através de conexões e mangueiras, o atuador tem função de movimentar a estrutura onde a faca é fixada através de sua haste para efetuar cortes no produto e ser encaminhado à extrusora.

O atuador modelo VDE 90x50x310 D empregado no sistema hidráulico é de função duplo efeito com 50 mm de diâmetro de haste, 90 mm de diâmetro do êmbolo e curso de 10 mm , com pressão de serviço de 150 bar e temperatura máxima de funcionamento de 80°C . Esse item é fixado pelo cabeçote traseiro na estrutura fixa da máquina, e seu sentido de trabalho para o corte de goma ocorre quando a vazão de óleo à pressão constante alimenta a câmara traseira atuando-o e movendo a faca fixada às guias deslizantes. Quando é necessário repetir a operação do corte seguindo o sincronismo de máquina, a válvula direcional muda de posição invertendo o sentido do fluxo do fluido hidráulico e

alimentando a câmara dianteira do atuador recuando-o para que o processo de corte se repita.

4.7 - Ganhos associados

Com a regulagem da bomba variável conforme o procedimento descrito é possível reduzir os impactos que levam à degradação dos componentes da bomba e o funcionamento inadequado do grupo hidráulico.

Os pontos observados que trazem impactos significativos para a redução da eficiência, confiabilidade no equipamento e capacidade de operação são: o aumento demasiado da temperatura de trabalho, vibração dinâmica excessiva do motor de indução, degradação dos componentes da unidade hidráulica (válvulas de controle e comando, pressostatos, atuadores, conexões), perda das propriedades do fluido hidráulico em circulação e o surgimento de vazamentos em conexões, bases de válvulas, cabeçotes e hastes de atuadores.

A Figura 9 ilustra um dos testes rotineiros no equipamento para verificar *performance*, neste exemplo, é a medição da temperatura e este registro é em verificação antes da regulagem.

Através do procedimento de regulagem para os parâmetros de processo é possível constatar a redução da temperatura em 36°C durante a operação da bomba variável, assim como a diminuição do ruído durante o funcionamento da máquina. A Figura 10 ilustra o mesmo procedimento de teste após a regulagem.

Figura 9 - Medição de temperatura da bomba antes da regulagem



Fonte: Autores, 2020.

Figura 10 - Medição de temperatura da bomba após a regulagem



Fonte: Autores, 2020.

A redução das intervenções de manutenção na unidade hidráulica causadas por panes de máquina comprovam a eficácia e importância de se garantir que a regulagem da bomba variável esteja conforme procedimento.

A Figura 11 mostra um histórico de intervenções realizadas no ano de 2020 nas cortadeiras das máquinas,

onde é possível observar a minimização das falhas na unidade hidráulica após a regulagem realizada em setembro.

Figura 11 - Gráfico das intervenções nos grupos hidráulicos das extrusoras



Fonte: Autores, 2020.

Além do número de panes reduzirem significativamente, o tempo de reparo atribuído a esse equipamento acompanha esta redução, pois, a partir de última data de regulagem (setembro/2020) evitou-se troca de motores, válvulas danificadas, mangueiras hidráulicas avariadas e cilindros com vazamentos críticos. Com isso, as panes ocorridas nesse equipamento tem o tempo de duração médio de trinta minutos para toda a atividade de manutenção, comparado a um tempo médio de duas horas e meia ocorrido durante a última troca de motor devido à sobrecarga no enrolamento.

4.8 - Resultado dos testes em campo

Durante a etapa de produção da máquina, foram realizados testes em campo com intuito de comprovar o ganho energético através do procedimento de regulagem da bomba variável. Com as medições efetuadas em dois momentos do período experimental (bomba desregulada e bomba regulada) é possível observar otimização no consumo energético e da performance no funcionamento do equipamento. As Tabelas 1 e 2 apresentam os registros desta ação.

Tabela 1 - Medição de parâmetros do motor de indução antes da regulagem

Medições antes do procedimento de regulagem				
Fases	R	S	T	Média
Tensão AC (V)	412,7	417,6	419,8	416,7
Corrente AC (A)	32	31,8	32	31,9
Fator de potência	0,8			0,80

Fonte: Autores, 2020.

Tabela 2 - Medição de parâmetros do motor de indução após regulagem

Medições após procedimento de regulagem				
Fases	R	S	T	Média
Tensão AC (V)	432,6	428,4	425,6	428,9
Corrente AC (A)	12,1	12,6	11,9	12,2
Fator de potência	0,8			0,80

Fonte: Autores, 2020.

A partir das medições efetuadas, foram calculados os valores de potência ativa, consumo e custo operacional do sistema dadas pelas seguintes equações:

$$P = V \times I \times FP \quad (1.1)$$

$$\text{Consumo} = 0,736 \times P \times t \times (100/\eta) \quad (1.2)$$

$$\text{Custo operacional} = \text{Consumo(kWh)} \times \text{custo da energia (R\$/kWh)} \quad (1.3)$$

Com os dados da placa de identificação do motor de indução e informações do regime de funcionamento do sistema durante o ano são dados os seguintes parâmetros: Fator de potência do motor de 0,80; Rendimento do motor de 92,4%; Regime de trabalho da usina de 24 horas e 357 dias por ano e custo de energia: 1 MWh = R\$ 270,00.

A partir das informações inerentes ao processo e realização dos cálculos baseados nas equações 1.1, 1.2 e 1.3, obtêm-se uma comparação de consumo e custo informados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Cálculo de parâmetros antes da regulagem da bomba

Potência ativa	10,65 kW
Consumo	203,50 kWh/dia
Custo operacional	R\$ 54,95 dia R\$ 19.615,84 ano

Fonte: Autores, 2020.

Após o procedimento de regulagem:

Tabela 4 - Cálculo de parâmetros após a regulagem da bomba

Potência ativa	4,19 kW
Consumo	80,02 kWh/dia R\$21,60 dia
Custo operacional	R\$7. 712,96 ano

Fonte: Autores, 2020.

V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As análises dos resultados obtidos antes e após a regulagem dos componentes do circuito hidráulico comprovam a eficácia desse procedimento. Além do mais, auxilia a otimização do consumo de energia elétrica contribuindo para o processo de fabricação e a performance econômica industrial.

Com base nos dados obtidos através dos testes realizados mostram que a redução do consumo energético é significativa e melhora a eficiência do equipamento. No funcionamento da unidade hidráulica sem a regulagem da bomba variável, o consumo diário de energia é 203,50 kWh.

À medida que realizamos a regulagem correta desse componente, este consumo reduz para 80,02 kWh/dia implicando em um decréscimo para 39% do consumo de energia. Além deste impacto de mensuração direta também existe contribuição para conservação da vida útil dos componentes do sistema hidráulico, a otimização e o controle do processo.

A economia gerada através da redução do consumo energético do equipamento em um ano é de R\$ 11.902,87. Isso contribui para performance econômica industrial e aumento da capacidade de produção com custo operacional

reduzido, melhora a disponibilidade do sistema e gera confiabilidade operacional.

VI. CONCLUSÃO

A crescente demanda de energia elétrica como um dos principais insumos para o processo produtivo na indústria contribui para a intensificação de ações de consumo eficiente da energia, com qualidade em seu suprimento e a otimização dos custos para manter a competitividade industrial.

Toda ação que demonstra eficácia energética e promove a conservação de energia sem comprometer a segurança e qualidade do processo de produção deve ser viabilizada tendo em vista que mais de 50% dos custos associados à indústria provêm de motores elétricos, sistemas de refrigeração, ar comprimido e iluminação.

Para o estudo realizado é comprovada a redução do consumo energético gerando uma economia anual que ultrapassa dez mil reais em custo operacional e conseqüentemente perdas atreladas à parada de equipamentos e gastos com reparos corretivos.

Neste estudo de caso especificamente está demonstrada a aplicabilidade para um sistema considerado grande consumidor neste processo.

Dificuldades na realização dos testes foram encontradas especialmente por restrições na janela de produção, mas foram aproveitados os intervalos de manutenção preventiva para a execução dos ensaios, com os protocolos de testes já discutidos e consensados em reuniões de trabalho.

A expansão de ações como está em outros equipamentos de maior consumo devem ser executadas e em preferência com o suporte e acompanhamento dos grupos gestores de eficiência energética da empresa.

Vislumbra-se nesta indústria especificamente a expansão de testes e acompanhamento de consumo e performance de outros equipamentos motrizes, permitindo assim identificar oportunidades de efficientização energética e logicamente redução do custo operacional com a “conta energia”.

VII. REFERÊNCIAS

- DAPPER, Paloma V. *et al.*, 2020. **Eficiência Energética: estudo de caso em agroindústria do Rio Grande do Sul.** Acesso em 01/02/2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337208486_Eficiencia_energetica_estudo_de_caso_em_agroindustria_do_Rio_Grande_do_Sul.
- DIAZ, Manuel V.V. *et al.*, 2017. Evaluación de la eficiencia energética combinada em sistemas EMDS de bombeo paralelo. **Revista CIDET**, 2017.
- DUARTE, Antonio M.P. *et al.*, 2020. Manutenção Centrada em Confiabilidade – Estudo de Caso de Implantação. In: **Engenharia de Produção: Alicerce da Competitividade**, Ed. Conhecimento Livre. doi:10.37423/201002928.
- DUARTE, João G.C.L. *et al.*, 2021. **Uma metodologia para otimização do conforto visual e da eficiência energética utilizando a tecnologia BIM. Revista Sodebras [on line]**, v. 16, Nº 181, 2021, pp. 61-67. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.181.61>

GOMEZ, Gustavo G. *et al.*, 2018. **Eficiencia Energetica em Hornos de Produccion de Materiales Ceramicos**. Acesso em 28/01/2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328748653_EFICIENCIA_ENERGETICA_EN_HORNOS_DE_PRODUCION_DE_MATERIALES_CERAMICOS.

HASAN, A.S.M.M. and TRIANNI, A., 2020. A Review of Energy Management Assessment Models for Industrial Energy Efficiency. **Energies**, v.13, 2020. doi:10.3390/en13215713.

LUNT, Peter *et al.*, 2014. Barriers to industrial energy efficiency. **International Journal of Energy Sector Management**, v.8, 2014, pp. 380-394. doi:10.1108/IJESM-05-2013-0008.

RBG - REXROTH BOSCH GROUP¹. Axial piston variable pumps A10VO, A10VSO, A10VSNO: Instruction Manual RE 92714-01-B/04.2018, 2018. Lohr am Maim: Bosch Rexroth AG, 2012, 60 p.

RBG - REXROTH BOSCH GROUP². Bomba Variável A10VSO: RP 92 711/09.00. Lohr am Maim: Bosch Rexroth AG, 2000, 38 p.

RBG - REXROTH BOSCH GROUP³. Pressure relief valve, pilot-operated: Type DB and DBW RE 25802. Lohr am Maim: Bosch Rexroth AG, 2017, 24 p.

RBG - REXROTH BOSCH GROUP⁴. 3/2, 4/2 and 4/3 directional valves, internally pilot operated, externally pilot operated: Types 4WEH and 4WH RE 24751/08.08. Lohr am Maim: Bosch Rexroth AG, 2008, 40 p.

RBG - REXROTH BOSCH GROUP⁵. External gear pump High Performance AZPF RE 10089/2020-05-18. Lohr am Maim: Bosch Rexroth AG, 2020, 76 p.

SANHUEZA, Sergio M.R. *et al.*, 2021. Simulação do Fluxo de carga em uma Rede Elétrica Real com Alta concentração de condicionadores de ar. **Revista Sodebras [on line]**. v. 16, N° 181, 2021, pp. 77-82. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.181.77>.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 06/02/2021

Aprovado em: 20/02/2021

OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DE BAGAÇO DE MALTE POR ATIVAÇÃO QUÍMICA E A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO

OBTENTION OF ACTIVATED CARBON FROM BREWERS' SPENT GRAIN BY CHEMICAL ACTIVATION AND THE PROCESS' OPTIMIZATION

ADRIELLY NASARIO MILDEMBERG¹; ARISLETE DANTAS DE AQUINO²; FABIANE HAMERSKI³; WALDERSON KLITZKE⁴

1; 2; 3; 4 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

adri.eq.ufpr@gmail.com; arislete@ufpr.br; fabianehamerski@gmail.com; wklitzke@gmail.com

Resumo – O presente estudo propõe uma metodologia para a obtenção de carvão ativado a partir de bagaço de malte por ativação química utilizando o H_3PO_4 como agente oxidante. O bagaço de malte foi caracterizado quanto à sua composição, análise de EDS e TGA, apresentando características de um bom precursor. Um planejamento fatorial de 2^2 foi utilizado para otimizar o processo buscando a maximização do rendimento e da remoção de azul de metileno. Os parâmetros avaliados foram a razão de impregnação e a temperatura de ativação. As características adsorptivas do carvão ativado foram comparadas com um carvão de uso comercial utilizando o número de azul de metileno, característica ácido-básica da superfície, espectroscopia de Infravermelho (FTIR) e imagens de MEV. As condições ótimas de operação determinadas foram a razão de impregnação de 1:3 e a temperatura de ativação de 500 °C, a partir das quais obteve-se o rendimento na produção de carvão ativado de 41,39% e a remoção de azul de metileno de 99,21%.

Palavras-chave: Resíduo Cervejaria. Ativação Química. Número de Azul de Metileno.

Abstract – The present study proposes a methodology for obtaining activated carbon from malt bagasse by chemical activation using H_3PO_4 as an oxidizing agent. The malt bagasse was characterized in terms of composition, analysis of EDS and TGA, presenting characteristics of a good precursor. A factorial design of 2^2 was used to optimize the process seeking to maximize the yield and the removal of methylene blue. The evaluated parameters were the impregnation ratio and the activation temperature. The adsorptive characteristics of the activated carbon were compared with a charcoal for commercial use with the number of methylene blue, acid-base characteristic of the surface, Infrared spectroscopy (FTIR) and SEM images. The optimal operating conditions determined were the impregnation ratio of 1:3 and the activation temperature of 500 °C, from which the yield in activated carbon production was 41,39% and the removal of methylene blue 99,21%.

Keywords: Residue from the Brewing Industry. Chemical Activation. Methylene Blue Number.

I. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por carvão ativado para o tratamento de água e de efluentes torna necessária a busca por matérias-primas de fontes alternativas que sejam ambientalmente e economicamente sustentáveis.

Neste sentido, estudos recentes vêm avaliando a aplicação de diferentes resíduos vegetais como a casca de arroz (LUO *et*

al., 2019), o caroço de manga (ANDAS; WAZIL, 2019), a casca de coco (LIANG *et al.*, 2020), a espiga de milho (JAWAD *et al.*, 2020) e o pseudo-caule de bananeira (SILVA *et al.*, 2020), os quais tem se apresentando como promissores precursores.

Dentre estes o bagaço de malte merece destaque uma vez que representa aproximadamente 85% dos subprodutos gerados na produção da cerveja (ALIYU; BALA, 2011). A cada 100 L produzidos da bebida são gerados em torno de 20 kg de bagaço de malte seco (KUNZE, 2019). Ainda, segundo o relatório da KIRIN GLOBAL HOLDING (2020) o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de cerveja com uma produção de aproximadamente 14,1 bilhões de L/ano em 2018. Assim, este material possui grande disponibilidade ao longo do ano com um baixo custo para a sua aquisição.

A utilização deste para carvão ativado foi apresentado na literatura por Vanderheyden *et al.* (2018) e Gonçalves, Nakamura e Veit (2014) utilizando ativação física e Araújo *et al.* (2020) analisou a carbonização hidrotérmica com a ativação de KOH.

Após uma vasta pesquisa não foi possível encontrar estudos que utilizassem a ativação química por ácido fosfórico na produção de carvão ativado a partir de bagaço de malte. Dessa forma, o presente estudo apresenta uma metodologia de obtenção de carvão ativado utilizando esse processo acima citado, bem como a otimização do mesmo. O estudo ainda realizou um comparativo entre um carvão de uso comercial e o carvão produzido quanto à sua capacidade adsorptiva na remoção de corantes, como o azul de metileno.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Preparação e caracterização do material precursor

No presente estudo o bagaço de malte foi utilizado como material precursor. Este foi inicialmente seco em estufa (Biomatic, mod. 306) à temperatura de 105 °C por um tempo de 48 h, moído e segregado na granulometria entre 28 e 80 MESH.

2.2 – Caracterização do bagaço de malte

As características do bagaço de malte a ser utilizado para a produção de carvão ativado foram determinadas a partir dos seguintes procedimentos:

- Composição química: umidade, material volátil, cinzas e carbono fixo pela norma ASTM D3172 (2002);

- Análise termogravimétrica (TGA) sob atmosfera inerte de nitrogênio, vazão de 20 mL/min, em amostrador de platina, com taxa de aquecimento de 10 °C/min e temperatura variando entre 30 °C e 995 °C, utilizando o *Thermogravimetric Analyzer 4000* Perkin Elmer;

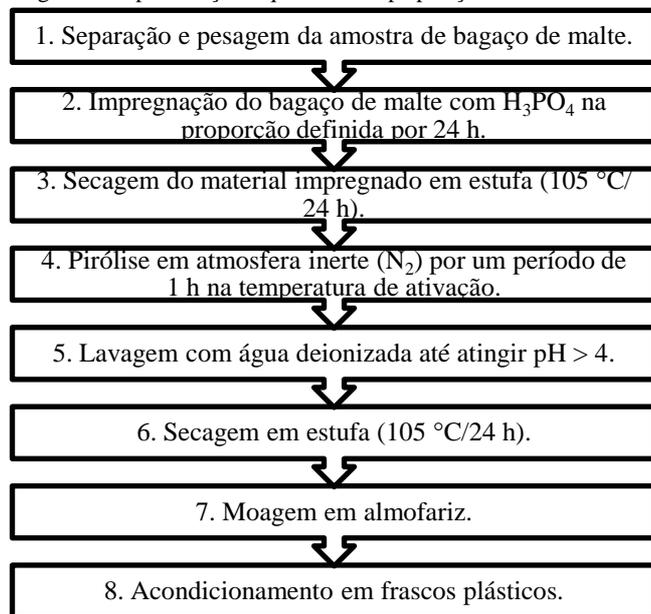
- Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com aumentos de 150 a 7.000 vezes, o potencial de 15,0 kV e resolução de 3 nm (Tescan Vega3 LMU);

- Análise por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) sendo avaliados os compostos químicos presentes durante 3 minutos em uma determinada área, com a utilização do *software AZ Tech (Advanced)* e detector do tipo SDD 80 mm².

2.3 – Preparação do carvão ativado

A metodologia desenvolvida no presente estudo para a obtenção do carvão ativado é apresentada esquematicamente na Figura 1.

Figura 1 – Representação esquemática da preparação do carvão ativado



Fonte: Autores, 2019.

A etapa de impregnação foi realizada com ácido fosfórico de pureza analítica (ALPHATEC) em uma solução aquosa contendo 85% em massa do agente desidratante (14,71 mol/L) sendo adicionado na proporção específica em 25,0 g de material precursor.

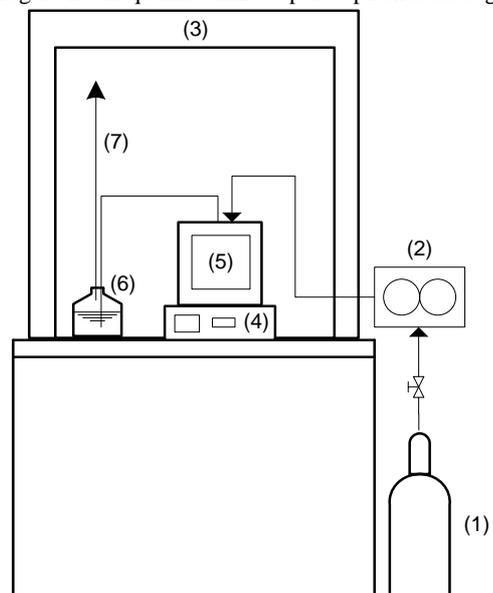
A otimização do processo foi realizada de acordo com um planejamento fatorial de 2² com ponto central avaliando a temperatura de ativação e a razão de impregnação, como descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz do planejamento experimental

Parâmetro	-1	0	+1
Razão de impregnação (g de BM/ g de H ₃ PO ₄)	1:1	1:2	1:3
Temperatura de ativação (°C)	500	600	700

O processo de ativação foi realizado por meio da pirólise do material impregnado sob atmosfera inerte de N₂ por um período de 1 h. Com o intuito de avaliar esta etapa do processo de produção do carvão ativado e seus parâmetros foi projetada e desenvolvida uma montagem experimental utilizada na obtenção dos dados (Figura 2).

Figura 2 – Esquema utilizado para a pirólise do bagaço de malte



1 - Cilindro de gás inerte (N₂); 2 - Fluxímetro de filme; 3 - Capela de exaustão de gases; 4 - Forno mufla; 5 - Reator (cápsula de porcelana); 6 - Condensador de gases; 7 - Gases de pirólise.
Fonte: Autores, 2019.

Como visualizado neste esquema tem-se o sistema de alimentação dos gases para a inertização do reator durante o processo de ativação (1 e 2), o sistema para a realização da reação de pirólise (4 e 5) e o sistema para a exaustão dos gases liberados durante o processo (3, 6 e 7).

Os dados coletados foram analisados utilizando o *software Design-Expert 11* (Stat-Ease, EUA), considerando o nível de confiança de 95% e a função desejabilidade foi escolhida para a determinação do ponto ótimo. Vale ressaltar que os experimentos foram realizados de modo aleatório e em triplicata.

As massas foram medidas em balança analítica (BK4000 HB/S). O rendimento na produção do carvão ativado (η) pode ser obtido de acordo com a Equação (1).

$$\eta = (m_{CA} / m_{BM}) \cdot 100 \quad (1)$$

Sendo:

m_{CA} – massa de carvão ativado;

m_{BM} – massa de bagaço de malte.

2.4 – Características adsorptivas do carvão ativado

As características obtidas pelos carvões produzidos no presente estudo foram comparadas com um carvão ativado de uso comercial (CLARIMEX MP4) sendo realizadas as seguintes análises:

- Número de azul de metileno de acordo com o procedimento apresentado por Gonçalves *et al.* (2014);
- Característica ácido-básica da superfície de acordo com a metodologia proposta por Foo e Hameed (2011);
- Espectroscopia de Infravermelho (I.R.) por transmitância com pastilha de KBr na faixa espectral de 400 e 4000 cm⁻¹, resolução de 4 cm⁻¹ e varredura de 32 scans, utilizando o espectrofotômetro FT-IR Bruker Vertex 70;
- Teste preliminar de adsorção de azul de metileno sob as condições experimentais: concentração inicial de azul de metileno 8 mg/L, dosagem de carvão ativado de 10 g/L, temperatura em torno de 30 °C, tempo de contato de 24 h e velocidade de agitação de 120 rpm.

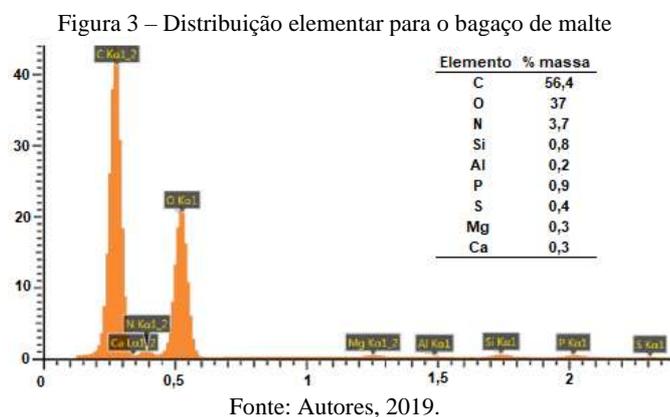
III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Caracterização do bagaço de malte

A determinação da composição do material precursor (umidade, material volátil, cinzas e carbono fixo) é de fundamental importância, pois esta influenciará na formação dos produtos durante o processo de pirólise.

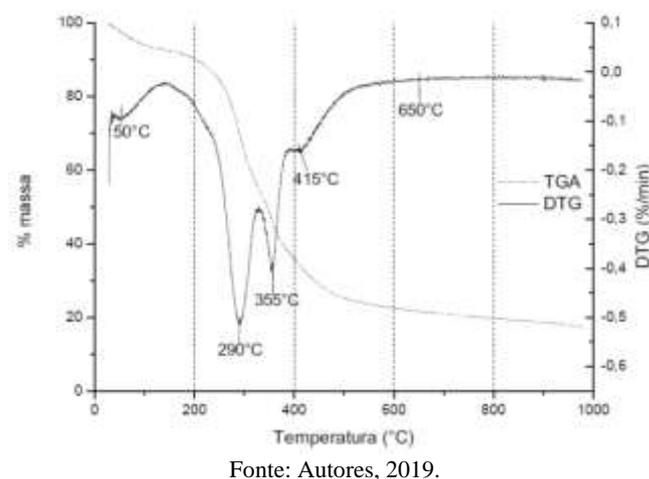
As cinzas (3,34%) irão influenciar na característica adsorptiva do adsorvente. Enquanto que o carbono fixo (22,37%) enriquecerá o carvão ativado e, portanto, quanto maior a sua quantidade, maior será o rendimento do processo. Por outro lado, o material volátil (74,09%) ao ser liberado será o responsável pela formação dos poros. Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura para um bom precursor de material adsorvente.

A análise de EDS de campo corroborou com os resultados acima sendo que os elementos que se encontravam presentes em maior quantidade eram o carbono com 56,4%, oxigênio com 37,0% e o nitrogênio com 3,7%. Outros elementos aparecem em quantidades abaixo de 1%, como é apresentado na Figura 3.



A análise termogravimétrica foi utilizada com o intuito de determinar de que forma o bagaço de malte tem sua degradação em função da temperatura. Assim foi possível determinar em quais temperaturas compostos como a lignina, a hemicelulose e a celulose são degradados, evidenciando o seu comportamento no processo de pirólise realizado na produção do carvão ativado (Figura 4).

Figura 4 – Análise termogravimétrica (TGA) e sua derivada (DTG) do bagaço de malte



Neste termograma observam-se três principais regiões de perda de massa. Na primeira etapa correspondente à faixa de 0 a 150 °C ocorreu a desidratação da amostra com a retirada da umidade fixa e com uma perda de massa de aproximadamente 7,5%.

Na segunda etapa (150 a 400 °C) ocorreu a degradação dos compostos lignocelulósicos, correspondendo a uma perda de massa em torno de 55%. A formação de picos bem definidos pode ser observada a 290 e 355 °C, que são as temperaturas correspondentes à degradação de celulose e de hemicelulose.

A terceira etapa (400 a 650 °C) caracteriza a degradação da lignina, a qual necessita de temperaturas mais elevadas para a sua decomposição.

A partir de 650 °C a derivada permanece constante e a perda de massa tende a se estabilizar, isso acontece devido à total volatilização do material lignocelulósico, restando apenas o carbono fixo e as cinzas, que resultaram em 18% da massa inicial total.

Com os resultados obtidos nesta análise foram determinadas as temperaturas de ativação a serem avaliadas na produção do carvão ativado. Considerando que a lignina foi degradada em torno de 415 °C, foram utilizadas as temperaturas de 500, 600 e 700 °C. Sendo esta última acima da temperatura em que não houve variação na perda de massa do bagaço de malte (650 °C). Dessa forma, foi possível verificar a influência da temperatura na produção de um carvão ativado com características adsorptivas bem desenvolvidas.

3.2 – Obtenção do carvão ativado de bagaço de malte

No presente estudo avaliou-se a temperatura de ativação e a razão de impregnação. As demais condições foram fixadas, as quais se podem citar: o tempo de impregnação, o tempo de pirólise e de ativação, a taxa de aquecimento e a quantidade de lavagens realizadas.

Os valores médios de rendimento (η) obtidos para cada condição de operação e os desvios padrão (σ) correspondentes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados obtidos para o rendimento

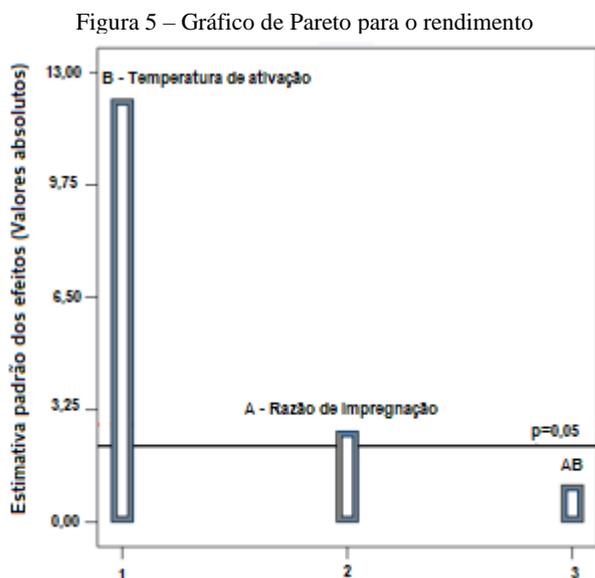
Amostra	Variáveis		Respostas	
	RI	T _{at} (°C)	η (%)	σ
Q1	-1 (1:1)	-1 (500)	44,09	3,36
Q2	-1 (1:1)	+1 (700)	24,75	3,07
Q3	+1 (1:3)	-1 (500)	41,39	3,14
Q4	+1 (1:3)	+1 (700)	18,35	0,66
Q5	0 (1:2)	0 (600)	37,83	3,73

Fonte: Autores, 2019.

O maior rendimento (44,09%) foi obtido para uma razão de impregnação de 1:1 e temperatura de ativação de 500 °C. De forma geral, pode-se notar que o aumento da razão de impregnação provoca a diminuição do rendimento, para uma mesma temperatura de ativação.

Verificou-se que para a maior razão de impregnação ocorreu o aumento da queima de carbono pelo excesso de H₃PO₄ transformando os microporos em mesoporos devido à ocorrência das reações de despolimerização, de desidratação e da redistribuição dos constituintes biopoliméricos, favorecendo a conversão de compostos alifáticos em aromáticos (KUMAR E JENA, 2016).

A influência dos fatores, temperatura de ativação e razão de impregnação, pode ser verificada pelo gráfico de Pareto apresentado na Figura 5.



Fonte: Autores, 2019.

A partir dos resultados apresentados no gráfico de Pareto observa-se que a temperatura de ativação é o fator com maior influência no rendimento da produção de carvão ativado. Uma vez que com o aumento desta, a gaseificação torna-se mais severa acarretando em uma maior liberação de material volátil, diminuindo o rendimento.

O rendimento obtido no presente estudo apresentou valores semelhantes ao encontrado na literatura: 47,3% para caroço de manga (ANDAS; WAZIL, 2019), 46% para resíduos de chá (YAGMUR *et al.*, 2018) e 41% para pseudocaule de bananeira (GHANI *et al.*, 2017).

3.3 – Características adsorptivas do carvão ativado

Número de azul de metileno

A determinação do número de azul de metileno em carvão ativado foi utilizada como indicativo da área superficial do adsorvente produzido. Os resultados obtidos com os ensaios de adsorção são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados obtidos de remoção de azul de metileno

Amostra	Variáveis		Respostas	
	RI	T _{at} (°C)	Remoção de AM (%)	σ
Q1	-1 (1:1)	-1 (500)	98,41	0,36
Q2	-1 (1:1)	+1 (700)	92,79	4,80
Q3	+1 (1:3)	-1 (500)	99,21	0,07
Q4	+1 (1:3)	+1 (700)	92,55	4,61
Q5	0 (1:2)	0 (600)	98,97	0,36

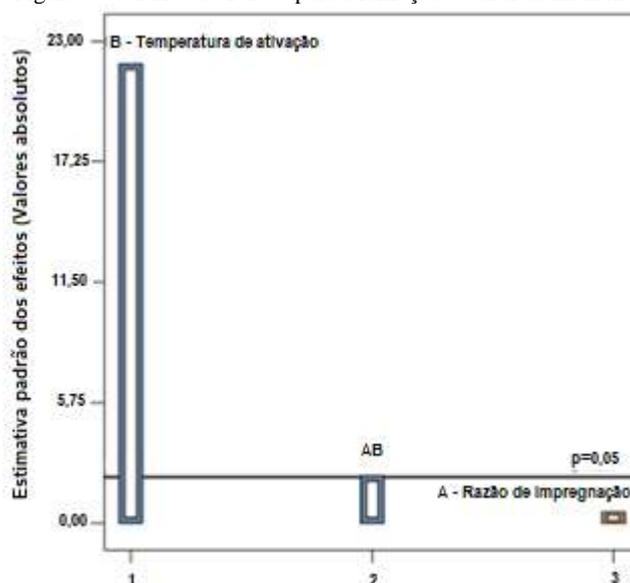
Fonte: Autores, 2019.

A análise dos resultados evidenciou que a maior remoção obtida foi em torno de 99,21% na amostra Q3 com razão de impregnação de 1:3 e temperatura de 500 °C.

A temperatura de ativação possui influência significativa na remoção de azul de metileno e menor interferência da razão de impregnação como pode ser visualizado no gráfico de Pareto apresentado na Figura 6. Isto pode ser justificado pela faixa de razão de impregnação

escolhida, implicando em um excesso de ácido fosfórico utilizado.

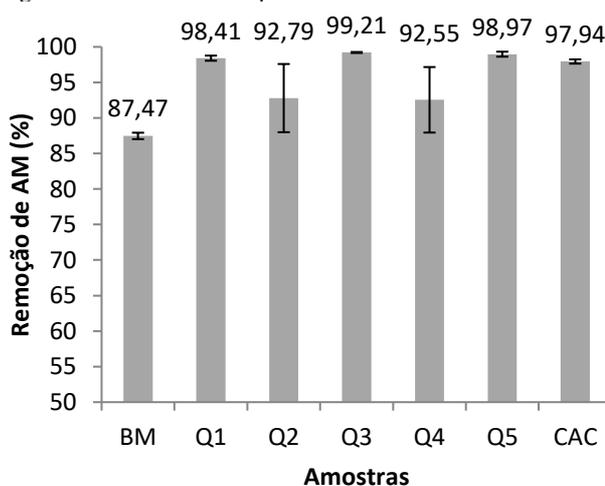
Figura 6 – Gráfico de Pareto para a remoção de azul de metileno



Fonte: Autores, 2019.

Ainda, os resultados de um teste preliminar da adsorção de azul de metileno são apresentados em um comparativo com o bagaço de malte (BM), os carvões produzidos no presente estudo (Q1 a Q5) e um carvão ativado de uso comercial (CAC) na Figura 7.

Figura 7 – Resultados comparativos do número de azul de metileno



Fonte: Autores, 2019.

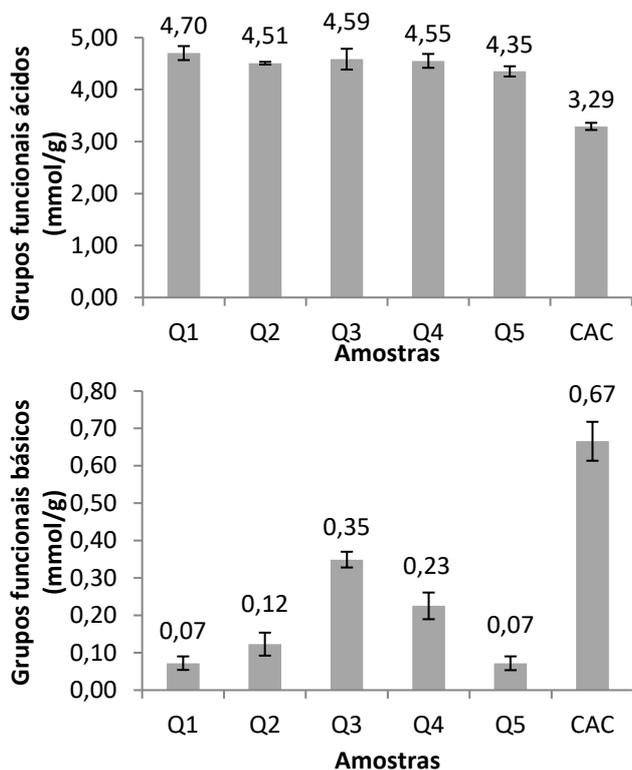
Os resultados obtidos foram promissores tendo em vista que os carvões produzidos atingiram uma remoção acima de 90%, com valores em alguns casos próximos a 100%. Por outro lado, até mesmo o bagaço de malte *in natura*, apenas seco e moído, apresentou uma eficiência de remoção relativamente elevada de 87,47% demonstrando a sua afinidade com o adsorptivo.

Superfície química do carvão ativado

A caracterização da superfície química do carvão ativado, ou seja, a análise dos grupos funcionais presentes torna-se importante, uma vez que estes podem promover a atração ou a repulsão do adsorptivo.

Os resultados da distribuição de grupos funcionais ácidos e básicos para as amostras de carvão ativado de bagaço de malte e o carvão ativado comercial estão apresentados na Figura 8.

Figura 8 – Grupos funcionais ácidos e básicos do carvão ativado



Fonte: Autores, 2019.

Na análise dos resultados verificou-se que o carvão ativado comercial apresentou o menor índice de acidez de 3,29 mmol/g e o maior índice de basicidade de 0,67 mmol/g. Os teores de grupos ácidos das amostras do presente estudo variaram entre 4,35 e 4,70 mmol/g e os teores de grupos básicos entre 0,07 e 0,35 mmol/g.

Assim, observa-se que a quantidade de grupos ácidos é maior do que a de grupos básicos para todos os carvões analisados. De acordo com Djilani *et al.* (2015) esta

particularidade pode estar diretamente relacionada ao processo utilizado para a produção do carvão ativado que se deu por ativação química utilizando como agente oxidante o ácido fosfórico, o qual forma ligações na superfície do carvão ativado criando sítios receptores de elétrons com grupos oxigenados.

Por outro lado, com relação aos grupos básicos pode-se verificar que os carvões obtidos por ativação química possuem um menor teor destes grupos quando comparado aos carvões ativados fisicamente, como é o caso do carvão ativado de uso comercial utilizado no presente estudo.

Os grupos funcionais de superfície do bagaço de malte, das amostras de carvão ativado produzidas e do carvão ativado comercial foram qualitativamente identificados utilizando-se a análise de espectroscopia de infravermelho com a transformada de Fourier.

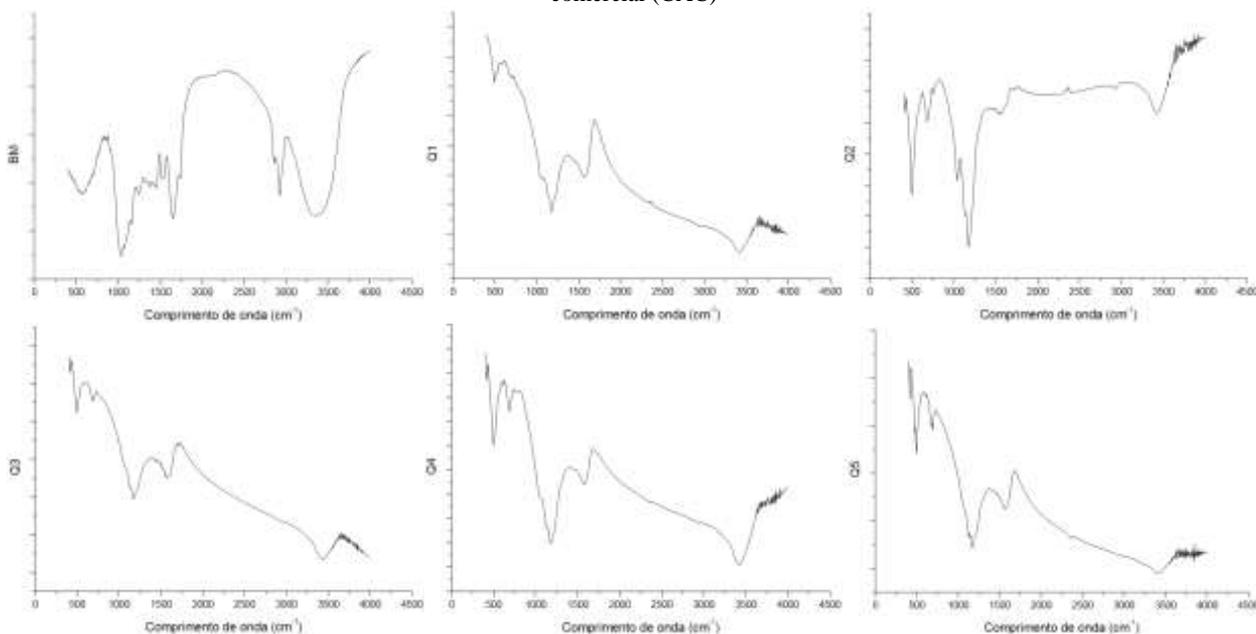
A análise dos espectros, apresentados na Figura 9, evidenciou que após a etapa de ativação e pirólise, algumas bandas que estavam presentes no espectro do material *in natura* desapareceram. Este comportamento ocorre devido à remoção ou desidratação de materiais voláteis e a quebra de ligações químicas no precursor durante a etapa de ativação e pirólise. A liberação do material volátil durante a ativação é essencial para a criação de mais poros no carvão ativado.

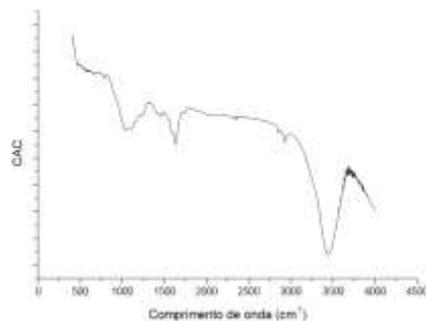
As bandas em torno de 1600 e 3425 cm^{-1} correspondem à presença de grupamentos $-\text{NH}_2$ com uma banda de média a forte, referente à deformação angular simétrica no plano e o grupo $-\text{OH}$ resultante da associação polimérica, sendo que a intensidade da banda depende da concentração. Esses grupos demonstram-se serem potenciais sítios ativos para a adsorção de corantes (ESQUERDO *et al.*, 2014).

Uma vez que estes carvões foram ativados quimicamente com ácido fosfórico, o espectro IR apresenta bandas de absorção entre 1060 e 1180 cm^{-1} , as quais são bandas características de compostos de fósforo presentes nos carvões (KYZAS, DELIYANNI e MATIS, 2016).

Comparando o carvão ativado de uso comercial com o carvão obtido no presente estudo, percebeu-se que o primeiro possui menos bandas que o segundo, o que pode estar relacionado ao processo de ativação e ao material precursor utilizado para a sua produção.

Figura 9 – Espectro FTIR para o bagaço de malte (BM), amostras de carvão ativado do bagaço de malte (Q1 a Q5) e carvão ativado comercial (CAC)





Fonte: Autores, 2019.

3.4 – Otimização do processo de produção do carvão ativado

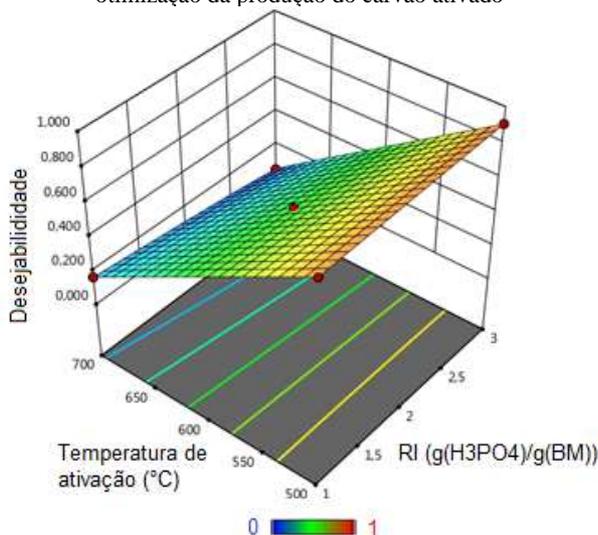
Para a otimização do processo de produção do carvão ativado e a determinação do ponto ótimo utilizou-se a função desejabilidade do *software Design Expert 11*.

O primeiro parâmetro escolhido deve-se ao processo em larga escala, pois a maximização do rendimento é desejável para a produção em escala industrial. O segundo parâmetro está relacionado com a eficiência adsorvente do carvão ativado na aplicação pretendida no presente estudo. Dessa forma, busca-se conseguir uma produção viável de um material adsorvente que possa ser aplicado na remoção do corante azul de metileno.

A função utilizada encontra-se dentro da faixa estudada pelo procedimento experimental fatorial completo de 2^2 , buscando maximizar o rendimento e a adsorção de azul de metileno.

A função desejabilidade obteve um valor máximo de 0,906 para os valores de temperatura igual a 500 °C e de razão de impregnação igual a 3, sendo este considerado como o ponto ótimo, como apresentada na Figura 10.

Figura 10 – Superfície de resposta da função desejabilidade para a otimização da produção do carvão ativado

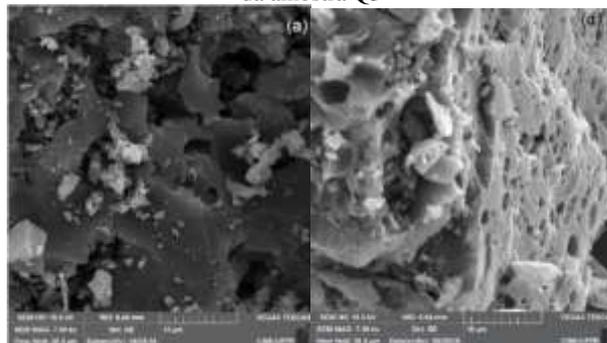


Fonte: Autores, 2019.

A caracterização morfológica do carvão ótimo obtido (amostra Q3) e um comparativo com o carvão de uso comercial corrobora com os resultados obtidos apresentando a porosidade dos mesmos e está apresentada na Figura 11.

A partir das imagens de MEV verificou-se que o carvão ativado comercial apresentou uma porosidade relevante e a presença de grande quantidade de materiais particulados. Enquanto que a amostra Q3 apresentou a estrutura porosa melhor desenvolvida.

Figura 11 – Imagens de MEV do carvão ativado de uso comercial e da amostra Q3



Carvão ativado de uso comercial

Amostra Q3

Fonte: Autores, 2019.

V. CONCLUSÃO

A caracterização do bagaço de malte mostrou ser este um bom precursor para a produção de carvão ativado visto sua morfologia fibrosa, bem como o baixo teor de cinzas e o alto teor de material volátil e de carbono fixo.

A metodologia de produção de carvão ativado proposta do presente estudo obteve um carvão ativado com um rendimento da ordem de 41% e que foi capaz de remover até cerca de 99% do azul de metileno. O carvão ativado produzido apresentou também uma morfologia altamente porosa e uma superfície química predominantemente ácida, devido ao processo de ativação química realizado. Esta característica torna-o um adsorvente promissor para a remoção de corantes básicos, como o azul de metileno.

A otimização do processo de produção foi obtida pela função desejabilidade a qual demonstrou que a maximização do rendimento e remoção de azul de metileno foi obtida nas condições de razão de impregnação 1:3 e de temperatura de ativação de 500 °C, sendo a amostra Q3 o carvão ótimo do presente estudo.

Dessa forma, o estudo obteve êxito em seu objetivo de apresentar uma metodologia para a produção de um carvão ativado por via química com ácido fosfórico, uma vez que o carvão obtido demonstrou-se ser promissor na contribuição para os desafios no tratamento de efluentes industriais contaminados com corantes, bem como da valorização de um resíduo industrial.

Trabalhos futuros devem ampliar o estudo com a verificação de diferentes agentes químicos, tempo de impregnação e tempo de ativação. E também a aplicação do carvão ativado na remoção de azul de metileno, ou outros contaminantes, avaliando a influência da dosagem de carvão ativado, a concentração inicial de azul de metileno, a cinética

e o tempo de contato, a temperatura e as isotermas de adsorção, bem como os dados termodinâmicos do processo.

V. REFERÊNCIAS

ALIYU, S.; BALA, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n.3, p. 324-331. 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **D3172-89**: Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke. Pennsylvania, 2002.

ANDAS, J.; WAZIL, N. From waste mango kernel int high surface area activated carbon. **Materials Today: Proceedings**, v. 19, p. 1541-1546. 2019.

ARAÚJO, T.P.; QUESADA, H.B.; BERGAMASCO, R.; VARESCHINI, D.T.; BARROS, M.A.S.D. Activated hydrochar produced from brewer's spent grain and its application in the removal of acetaminophen. **Bioresource Technology**, v. 310, p. 123399.

DJÍLANI, C.; ZAGHDOUDI, R.; DJAZI, F.; BOUCHEKIMA, B.; LALLAM, A.; MODARRESSI, A.; ROGALSKI, M. Adsorption of dyes on activated carbon prepared from apricot stones and commercial activated carbon. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 53, p.112-121. 2015.

ESQUERDO, V.M.; CADAVAL JR, T.R.S.; DOTTO, G.L.; PINTO, L.A.A. Chitosan scaffold as an alternative adsorbent for the removal of hazardous food dyes from aqueous solutions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 424, p. 7-15, 2014.

FOO, K. I.; HAMEED, B. H. Preparation and characterization of activated carbon from sunflower seed oil residue via microwave assisted K₂CO₃ activation. **Bioresource Technology**, v.102, 2011.

GHANI, Z.A.; YUSOFF, M.S.; ZAMAN, N.Q.; ZAMRI, M.F.M.A.; ANDAS, J. Optimization of preparation for activated carbon from banana pseudo-stem using response surface methodology on removal of color and COD from landfill leachate. **Waste Management**, v. 62, p. 177-187. 2017.

GONÇALVES, G.C.; NAKAMURA, P.K.; VEIT, M.T. Produção e caracterização de carvão ativado obtido a partir dos resíduos da indústria cervejeira. **X Encontro Brasileiro sobre Adsorção**. 2014.

GONÇALVES, G.C.; NAKAMURA, P.K.; VEIT, M.T.; FIAMETTI, K.G.; SILVA, G.M.C. Produção e caracterização de carvão ativado granulado e bio-óleo a partir dos resíduos da indústria cervejeira. **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. Florianópolis. Outubro de 2014.

JAWAD, A.H.; BARDHAN, M.; ISLAM, A.; ISLAM, A.; SYED-HASSAN, S.S.A.; SURIP, S.N.; ALOTHMAN, Z.A.; KHAN, M.R. Insights into the modeling, characterization and adsorption performance of mesoporous activated carbon from corn cob residue via microwave-assisted H₃PO₄ activation. **Surfaces and Interfaces**, v. 21, p. 100688. 2020.

KIRIN GLOBAL HOLDING LIMITED. Kirin beer university report global beer production by country in 2018. Disponível em:

https://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2019/1003_01.html. Acesso em: 13 dez. 2020.

KUMAR, A.; JENA, H. M. Preparation and characterization of high surface area activated carbon from Fox nut (*Euryale ferox*) shell by chemical activation with H₃PO₄. **Result in Physics**, v. 6, p. 651-658. 2016.

KUNZE, W. **Technology – Brewing & Malting**. 6 ed. Berlin: VLB BERLIN. 2019.

KYZAS, G.Z.; DELIYANNI, E.A.; MATIS, K.A. Activated carbons produced by pyrolysis of waste potato peels: Cobalt ions removal by adsorption. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 490, p. 74-83. 2016.

LIANG, Q.; LIU, Y.; CHEN, M.; MA, L.; YANG, B.; LI, L.; LIU, Q. Optimized preparation of activated carbon from coconut shell and municipal sludge. **Materials Chemistry and Physics**, v. 241, p. 1-10. 2020.

LUO, Y.; LI, D.; CHEN, Y.; SUN, X.; CAO, Q.; LIU, X. The performance of phosphoric acid in the preparation of activated carbon-containing phosphorus species from rice husk residue. **Journal of Materials for Life Sciences**, v. 54, p. 5008-5021. 2019.

SILVA, M.C.; SPESSATO, L.; SILVA, T.L.; LOPES G.K.P.; ZANELLA, H.G.; YOKOYAMA, J.T.C.; CAZETTA, A.L.; ALMEIDA, V.C. H₃PO₄-activated carbon fibers of high surface area from banana tree pseudo-stem fibers: Adsorption studies of methylene blue dye in batch and fixed bed systems. **Journal of Molecular Liquids**, <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114771>, 2020

VANDERHEYDEN, S.R.H., VANREPELLEN, K., YPERMAN, J., CARLEER, R., SCHREURS, S. Chromium (VI) removal using in-situ nitrogenized activated carbon prepared from Brewers' spent grain. **Adsorption**, v. 24, p. 147-156. 2018.

YAGMUR, E.; INAL, I.I.G.; GOKCE, Y.; GHOBADI, G.U.; AKTAR, T.; AKTAS, Z. Examination of gas and solid products during the preparation of activated carbon using phosphoric acid. **Journal of Environmental Management**, v.228, p. 328-335. 2018.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Submetido em: 14/12/2020

Aprovado em: 10/02/2021