



TRATAMENTO AMBIENTAL - Protótipo de Plasma térmico para tratamento de resíduo de tinta

Maicon Douglas Leles da Silva¹

Maria Lúcia Okumura²

Isadora Fernanda Sperandio³

Natália Ueda Yamaguchi⁴

Edneia Aparecida de Souza Paccola⁵

Luciana C. S. Herek Rezende⁶

Tecnologia Ambiental

Resumo

A geração de resíduos, seja de origem líquida ou sólida, tornou-se uma discussão a nível mundial, passível de soluções que possuam viés social, econômico e ambiental, de forma a minimizar o uso de recursos naturais e maximizar a produção mais limpa. Essa busca trouxe aplicações de diferentes tecnologias, e o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um protótipo de um plasma térmico com o intuito de diminuir o volume de resíduo gerado em uma indústria de tintas para posterior tratamento ou armazenamento. A metodologia consistiu na elaboração de projetos de origem estrutural, mecânico e elétrico passando pela montagem do mesmo com a circulação de uma corrente elétrica por meio de um fio condutor flexível de cobre, transmitida pelo condutor à duas garras metálicas preso no protótipo. O resíduo não foi caracterizado para o trabalho conforme normativa pertinente. Após o tratamento superou a redução de 69% do resíduo em estudo com 8 minutos de funcionamento do protótipo, atingindo 467°C. Desta forma tem-se que esta tecnologia é viável pois minimiza o volume de resíduo para posterior tratamento ou armazenamento.

Palavras-chave: Indústria de tinta; Resíduos sólidos; Sustentabilidade; Tecnologia.

¹Aluno do Curso de mestrado em Tecnologias Limpas, UniCesumar, PR, Brasil. Bolsista Institucional. maiconleles@gmail.com.

²Aluna do curso de mestrado em tecnologias limpas, UniCesumar, PR, Brasil. do Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares, PROSUP/CAPES. marialucia.okumura@outlook.com.

³Aluna do curso de mestrado em tecnologias limpas, UniCesumar, PR, Brasil. Bolsista Institucional. isadora.sperandio@hotmail.com.

⁴Prof. Dra. do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, Unicesumar, PR, Brasil. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. natalia.yamaguchi@unicesumar.edu.br.

⁵Prof. Dra. do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, Unicesumar, PR, Brasil. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. edineia.paccola@unicesumar.edu.br.

⁶Prof. Dra. do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, Unicesumar, PR, Brasil. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. luciana.rezende@unicesumar.edu.br.



INTRODUÇÃO

As indústrias têm procurado incessantemente novas alternativas para acompanhar as tendências do mercado, à medida que a economia se desenvolve e a concorrência no setor aumenta. Muitas vezes, o aumento da economia é diretamente proporcional a geração de resíduos e ao desperdício de matérias-primas, como resultado, o negócio não se alinha aos padrões do desenvolvimento sustentável (PASSINI; CHAGAS; DEMARCO, 2019).

Juntamente com esse aumento de produção provocado pelas novas tendências mundiais, vão se agravando os problemas ambientais, e vem a necessidade de descoberta de fontes alternativas para destinação de resíduos industriais, devido a seu potencial de contaminação e consequências advindas para a população atual e das futuras gerações (ANDRADRE, ANDREAZZA, CAMARGO 2016; LOPES; FONSECA, 2013, MALTA; NANZER; ALMEIDA, 2008). Quando realizada sem nenhuma conscientização, a destinação desses resíduos em locais inadequados leva a degradação ambiental, contaminando solos e águas, além de constituir um meio para que haja o desenvolvimento e proliferação de vetores, ameaçando a saúde da população de maneira geral (RODRIGUES, 2017).

Quando os resíduos não apresentam possibilidade de serem reutilizados, como os resíduos industriais, que geralmente são de composição mista e muitas vezes perigosos, deve-se buscar soluções de descarte que minimizem ao máximo seu volume de resíduo gerado e que seja ambientalmente aceitável, evitando a degradação ambiental (RODRÍGUEZ-GUERRA & MARTINEZ, 2020).

Uma alternativa para descarte seria utilização de tratamento envolvendo processos térmicos, como queima e incineração do material (BATISTA et al., 2021; BAIRD, 2000). Há também outras tecnologias empregadas como tratamento mecânico e bioquímico (YANO & SILVA, 2020). Essas técnicas se diferem pela forma como a tecnologia é empregada. O tratamento mecânico não envolve reação química, é um processo físico; o tratamento bioquímico é utilizado principalmente microrganismos e ocorre reação química; já no tratamento térmico os resíduos recebem grande quantidade de calor (LUO, et al., 2013; MOURA, et al., 2008; TERRADA et al., 2006).

Um processo muito atraente usado para minimização de resíduos químicos é o plasma térmico, pois tem se mostrado uma tecnologia promissora e se encaixa no processo de ‘tecnologias limpas’ (POLASTRI et al., 2018; FRIEDMAN, 2008; MENEZES, BESSA, MENEZES, 1999). O termo plasma é referente a um gás parcialmente ionizado criado pelo cientista americano Irving Langmuir em 1929, o plasma é frequentemente designado como “o quarto estado da matéria” (sólido, líquido, gás e plasma), pois estima-se que mais de 99% da matéria conhecida do universo encontra-se em tal estado (AMADO, 2013).

É uma técnica atraente em virtude do curto tempo necessário para que ocorra a reação (BAE, JOEN, YU, 2011). O plasma pode ocorrer naturalmente ou ser produzido em laboratórios ou na indústria. Possui diversas aplicações podendo ser utilizado em setores variados como, geração de energia, aeroespacial, ciências médicas, fusão termonuclear entre outras (CASSINI, 2014).

Essa técnica reduz os resíduos em até 99,99% do seu volume original, e os transforma em componentes inertes através da vitrificação dos componentes inorgânicos, e os gases gerados durante esse processo são lavados e reduzidos até a condição de não poluentes, minimizando também o volume das cinzas tóxicas geradas em incineradores convencionais (BARTOLOMEU, 2011; KUO, LIN, TSAI 2006; GLEIZES, GONZALEZ, FRETON, 2005; CAMPOS; BRAGA; CARVALHO, 2002). Esta forma de disposição final atende aos pressupostos da "disposição final ambientalmente adequada", preceito da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Ter conhecimento dos tipos de resíduos gerados na indústria permite um melhor planejamento e desenvolvimento de estratégias de gerenciamento dos mesmos, que intervenham nos processos de geração, transporte, tratamento e disposição final, a fim de garantir a curto, médio e longo prazo a preservação da qualidade do meio ambiente e a recuperação da qualidade de áreas degradadas (IPEA, 2011).

Diante do exposto o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um protótipo em escala de laboratório para minimização de resíduos industriais proveniente de indústria de tintas, para posterior tratamento ou armazenamento.

METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta o fluxograma das etapas do desenvolvimento do protótipo utilizado neste trabalho, realizado por meio do software SolidWorks 2018.

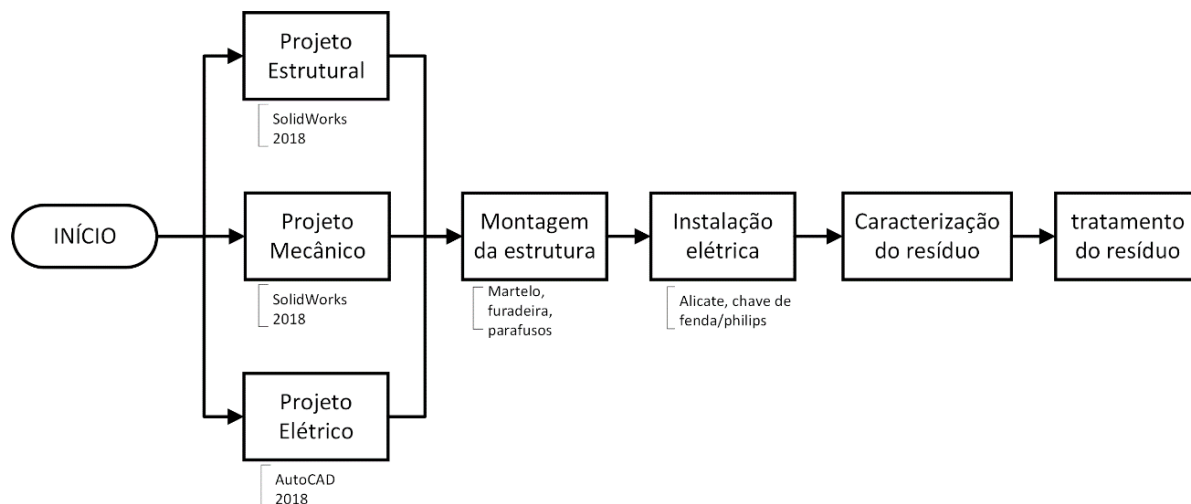


Figura 1 - Fluxograma da metodologia. Fonte: Autores (2021).

A pesquisa ocorreu no laboratório de ensaios mecânicos e construção civil da Universidade Cesumar em Maringá - PR. No Quadro 1 são apresentadas a quantidade e características dos insumos necessários no projeto.

QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	MODELO
01	Base MDF	1000x5000x20mm
01	Contator	30 A
01	Disjuntor bipolar	20 A
01	Botoeira	Retentiva
01	Resistência elétrica	3300W 220Vca
01	Balde de polipropileno	23 Litros
01	Termômetro digital	-
01	Câmera térmica	-

02	Contra trava MDF	100x40x20mm
02	Braço horizontal MDF	250x40x20mm
02	Braço vertical MDF	250x40x20mm
02	Suporte da garra MDF	150x40x20mm
02	Garra jacaré	15cm
04	Trava MDF	80x80x20mm
04	Guias MDF	250x30x20mm
10 metros	metros de fio flexível	10mm
10 gramas	Grafite em pó	-
10 uni	lápiz	carpinteiro

Quadro 1 - Lista de Materiais utilizados para a construção do protótipo desenvolvido com suas respectivas características. Fonte: Autores (2021).

ELABORAÇÃO DO PROJETO

O funcionamento do protótipo consistiu na circulação de uma alta corrente elétrica por meio de um condutor flexível de 10mm², transmitindo a corrente para uma barra de grafite com dimensões 15x0,5x0,5cm correspondendo ao comprimento, largura e altura, por meio de garras metálicas de 1 polegada. Por questão de segurança uma resistência elétrica de 3,3KW foi inserida no circuito para diminuir a corrente no protótipo. O circuito elétrico para o funcionamento do equipamento é mostrado na Figura 2.

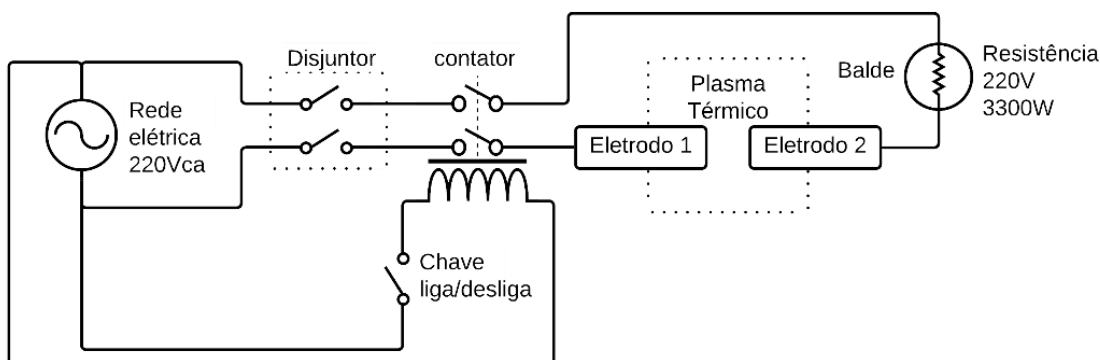


Figura 2 - Diagrama elétrico do protótipo. Fonte: Autores (2021).

Com o equipamento desenergizado o operador deve preparar uma barra de carvão mineral com dimensões 180X50x30mm correspondendo ao comprimento, largura e altura respectivamente bem como uma cava em uma das faces de 7,5mm de profundidade. Dentro da cava é colocado o grafite e em cima o grafite em pó, aproximadamente 1g igualmente espalhado.

SEGURANÇA

O equipamento foi operado com o uso de EPI's, conforme norma de segurança do laboratório de ensaios mecânicos e construção civil.

A utilização dos EPI's foi de suma importância, visto que a operacionalização do equipamento é dada com tensão elétrica e altas temperaturas, o que podem ocasionar em queimaduras graves e risco de choque elétrico.

PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Com a base pronta o resíduo foi adicionado sobre a base de carvão que continha o grafite espalhado (Figura 3). Tomou-se o cuidado de adicionar uma base embaixo do aparato para que as sobras da amostra fossem recolhidas.



Figura 3 - Imagem da montagem de operacionalização do equipamento. Fonte: Autores (2021).

Neste experimento utilizou-se 10g do resíduo proveniente do tratamento de efluentes de uma indústria de tintas e 1g de grafite em pó. Após a incineração realizou-se o cálculo do percentual de resíduo incinerado pela diferença entre a massa inicial adicionada e a massa final obtida, em porcentagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrito na metodologia tem-se a execução do projeto na Figura 4 abaixo.

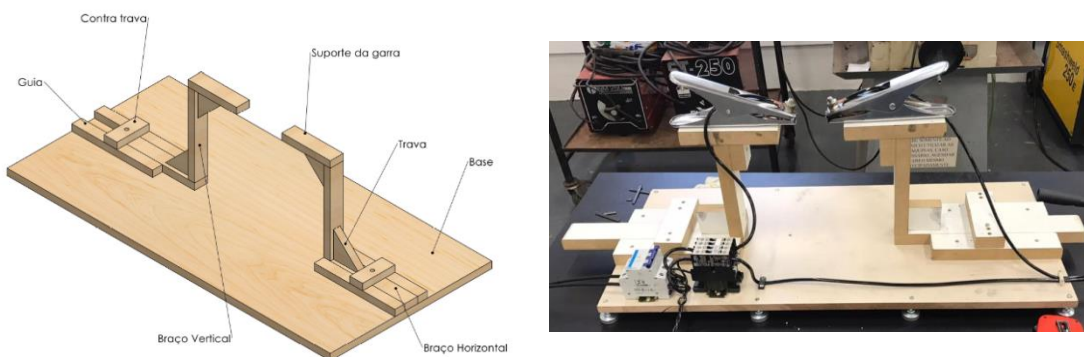


Figura 4 - Projeto (a) e Protótipo montado (b). Fonte: Autores (2021).

A corrente elétrica advinda da rede elétrica foi transmitida as garras metálicas por meio de um condutor elétrico de cobre com seção transversal de 10mm², devido a resistência natural que o carvão preso em ambas as garras possui em relação a corrente, o mesmo causa um aumento de temperatura no decorrer do tempo formando o plasma, utilizado nesta pesquisa para incinerar o resíduo.

Ao passar pelo processo de tratamento com plasma o resíduo apresentou uma redução significativa. No início do processo a quantidade de resíduo pesado atingiu uma temperatura máxima de 467°C no processo de arco de plasma e com a temperatura de resistência em apenas 45°C, durante um período de oito minutos de duração do arco, no que resultou em uma redução do resíduo de 69%, restando apenas 3,90 gramas.

Essa redução significativa se deu devido a reação térmica que envolve o processo. À medida que o material sólido é aquecido, a transformação de estado se inicia. Torna-se líquido e, com o aquecimento contínuo, um gás se forma. Com a energização do gás, continua o aquecimento levando a altas temperaturas e obtêm-se o estado de plasma térmico (BARTOLOMEU et. al, 2011).

O gás produzido pelo processo de plasma é menor do que o gás produzido pela incineração e pirólise. Os componentes tóxicos e perigosos contidos no gás são decompostos pela alta temperatura e convertido em gás combustível, neutralizando o gás ácido. O tratamento do resíduo em estudo foi realizado dentro de uma capela de exaustão, onde os possíveis gases gerados foram exauridos, filtrados e liberados na atmosfera sem nenhuma partícula nociva, preservando assim a integridade ambiental.

Sendo assim, o trabalho teve seu objetivo alcançado uma vez que foi possível visualizar a queima do resíduo e sua real redução, o que confirma a eficácia do sistema colaborando com a disposição ambientalmente amigável.

As orientações da ABNT NBR 10004:2004 estabelece a classificação de resíduos que envolve a identificação dos processos ou atividades que lhes deram origem e de seus constituintes, características e a comparação destes de acordo com os Anexos da NBR 10004:2004 e substâncias cujo impacto a saúde e ao meio ambiente é conhecido. Sendo assim, o resíduo da produção de tinta industrial é classificado como Resíduo de Classe I – Perigosos, tendo como principal forma de tratamento a incineração. Porém, aplicando a tecnologia de plasma é possível obter melhores vantagens, como maior redução do resíduo e menor agressão ambiental.

CONCLUSÕES

Ao concluir a montagem do protótipo e realizar o tratamento do resíduo observou-se que a utilização deste protótipo para a redução de resíduo de indústria de pintura por plasma térmico obteve resultados satisfatórios, mesmo sem atingir elevadas temperaturas como relacionados com os autores mencionados neste trabalho, incinerado mais de 50% do resíduo em estudo. Há a necessidade de se desenvolver novos processos para a reciclagem de diversos materiais, incluindo resíduos industriais, domésticos, produtos industriais usados, entre outros e os processos devem ser economicamente viáveis.

A tecnologia de plasma térmico pode utilizar para o seu funcionamento os resíduos sólidos em forma de combustível, tornando-se uma fonte de energia renovável e alternativa, devido à redução deste serviço que chega diretamente ao aterro, porque não é enviado diretamente na atmosfera no estado sólido ou materiais líquidos podem ser efetivamente

neutralizados pela tecnologia de plasma térmico, incluindo materiais tóxicos, sem pré-tratamento, exceto os radioativos. A tecnologia de plasma é possível de ser aplicada para recuperações de valiosos insumos contidos em materiais diversos, possibilitando o uso de uma alternativa para minimização de resíduos, diminuindo custos com transportes principalmente, uma vez que seu volume é reduzido.

A AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação - ICETI/Unicesumar.

R REFERÊNCIAS

AMADO, J. A. D. Otimização do sistema de supervisão e controle de uma planta de tratamento de resíduos utilizando plasma. 2013. 150f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

ANDRADE, L. C. de.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. de O. Atividade microbiana em solos sob doses de lodo de estação de tratamento de efluentes de um aterro industrial. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.46, n.2, p.267-272, fev, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140871>

BAE, H., JEON S. D., YU, Y. T. "Método de produção para carboneto de silício nano usando um plasma térmico", Pedido de Patente. PCT / KR2011 / 003850, 2011.

BAIRD, C.; *Environmental Chemistry*, W.H. Freeman and Company: New York, 2000.

BATISTA, V. R., PEREIRA, E. M. A., FRAGA, R, da C. F., MACIEL, T. M. Efeito do tratamento térmico de alívio de tensão e do preaquecimento na microestrutura e microdureza da interface entre depósitos de inonel 625 e aços AISI 8630M e AISI 4130. *Revista Matéria*, v. 26, n. 01, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210001.1220>.

BARTHOLOMEU, DANIELA BACCHI et al. *Logística ambiental: de resíduos sólidos*. São Paulo: Atlas S.A., 2011. 250 p.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 2 agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº. 9605 de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências.

CAMPOS, J.O., BRAGA, R., CARVALHO, P.F. *Manejo de resíduos: pressuposto para a gestão ambiental*. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal/Deplan – IGCE, UNESP, 2002

CASSINI, FELIPE ANTONIO. *Desenvolvimento de Reator de Plasma AC: Aplicado à Conversão de Hidrocarbonetos*. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Cap. 2.

FRIEDMAN, A.; *Plasma Chemistry*, Cambridge University Press: New York, 2008.

GLEIZES, A.; GONZALEZ, J. J.; FRETON, P. Modelagem de plasma térmico. J. Phys. D: Appl. Phys, v. 38, p. 153-183, 2005.

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Caderno de diagnóstico Resíduos Sólidos Industriais. São Paulo: IPEA, 2011.

KUO, Y. M.; LIN, T. C.; TSAI, P. J. Imobilização e encapsulamento durante a vitrificação de cinzas de incineração em um forno de cama de coque, J. Hazard. Mater, v.133, p. 75-78, 2006.

LOPES, Mariana Lara; FONSECA, Vanessa Vasconcelos. Estudo do manejo dos resíduos de um restaurante institucional da região Sul Fluminense. Interbio, v. 7, n. 1, p. 47-53, jan. 2013.

LUO, H.W., DONG, H., CHEN, L.F. "Grain Growth in Nb-Alloyed Stainless Steel of AISI 347 during Heating", Materials Science Forum v. 753, p. 345-348, 2013

MALTA, Maíra Barreto; NANZER, Claudia Motta; ALMEIDA, Flávia Queiroga Aranha de. Implantação do processo de reciclagem de lixo em uma unidade de alimentação e nutrição (UAN). Simbio-logias, v. 1, n. 2, p. 1-9, nov. 2008.

MARQUES, B. A. N., & Bonaventura1, A. L. **A Física na Escola**, v. 19, n. 1, 2021. Disponível em: < <http://www1.fisica.org.br/fne/>>.

MENEZES, R.A.A.; BESSA, I.; MENEZES, M.A.; Seminário de Meio Ambiente. ABM- Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo, 1999;

MOURA, V., KINA, A.Y., TAVARES, S.S.M., *et al* "Influence of stabilization heat treatments on microstructure, hardness and intergranular corrosion resistance of the AISI 321 stainless steel", Journal of Materials Science v. 43, p. 536-540, 2008.

PASSINI, A. F. C.; CHAGAS, P.; DEMARCO, J. de O. Opções de produção mais limpa para uma padaria de pequeno porte. Gestão & Produção, São Carlos, v. 26, n. 3, ago. 2019.

POLASTRI, P. et al., TECNOLOGIAS APLICADAS NO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS. Conresol, 2018.

RODRIGUES, G. K. D. Segurança alimentar em UAN escolar: aspectos higiênico-sanitários e produção de resíduos orgânicos. 2007. 11 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Nutrição, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

RODRIGUEZ-GUERRA, A; MARTINEZ, F. S. Responsabilidade social e gestão ambiental da água, uma solução na indústria de laticínios do Equador. Rev. Inv. Cs. Agro. e Vet., La Paz, v. 4, n. 12, p. 211-230, dez. 2020.

TERADA, M., MITIKO, S., COSTA, I., PADILHA, A.F. "Microstructure and intergranular corrosion of the austenitic stainless steel 1.4970", Journal of Nuclear Materials. v. 358, p. 40-46, 2006.

YANO, B. B. R., & SILVA, S. A. M. Produção e avaliação físico-mecânica de painéis de média e alta densidade com resíduos. Ambiente Construído [online]., v. 20, n. 4, p. 329-345, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400476>>.