



Uso de Blockchain para Registro de Dados de Cadeia de Suprimentos Verde da Indústria Sucroenergética

Fábio Guilherme Canova e Silva (Faculdade de Tecnologia de Piracicaba - FATEP)

fgscanova@gmail.com

Alexandre de Castro (Embrapa Informática Agropecuária)
alexandre.castro@embrapa.br

Fábio César da Silva (Embrapa Informática Agropecuária)
fabio.silva@embrapa.br

Inácio Henrique Yano (Embrapa Informática Agropecuária)
inacio.yano@embrapa.br

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Verde surgiu para orientar a produção e a busca de fornecedores que atuem ativamente na redução, reciclagem, reutilização e substituição de matérias-primas para preservação do meio ambiente e da sustentabilidade operacional, com o objetivo de atender a consumidores conscientes e a mercados externos exigentes quanto a produção sustentável. A tecnologia blockchain foi idealizada para servir de infraestrutura para a moeda digital Bitcoin, mas seu uso vai muito além das criptomoedas, sendo possível armazenar, acessar e gerenciar informações de um produto durante todo seu ciclo de produção e distribuição. Devido sua natureza descentralizada a rede blockchain permite que todos os atores da cadeia de suprimentos registrem e accessem dados na mesma, de forma segura, solucionando os problemas de falta ou alto custo de inserção da informação e de baixo impacto ambiental. Este trabalho apresenta a sistematização em blockchain de registros de dados da cadeia de suprimentos verde, baseado em um estudo de uma indústria sucroenergética, que implantou o conceito de cadeia de suprimentos verde em sua produção.

Palavras-chave: Blockchain, Cadeia de Suprimentos Verde, Indústria Sucroenergética, Sustentabilidade.

1. Introdução

O compartilhamento de informações entre fornecedores e as demandas de seus clientes é um importante fator para a entrega de suprimentos *just-in-time*¹, fortalecendo a relação entre as empresas no comércio Business-to-Business (B2B) (GREEN e INMAN, 2005). Por isso, fornecedores e seus clientes têm investido na Cadeia de Suprimentos Digital (CSD), que cumpriria esse papel de integração de informações de necessidades de demanda. No entanto, essa integração tem apresentado custo elevado e morosidade na implantação. Nesse contexto a tecnologia blockchain surge como uma solução disruptiva, viável e segura para a CSD (KORPELA et al., 2017).

A tecnologia blockchain surgiu como infraestrutura para a moeda digital Bitcoin, mas seu uso vai muito além das criptomoedas, sendo um sistema de informação descentralizada, transparente e rastreável, sendo possível armazenar, acessar e gerenciar informações de um produto durante todo seu ciclo de produção e distribuição. A natureza descentralizada da rede blockchain permite que todos os atores da cadeia de suprimentos registrem e acessem dados na mesma, de forma segura, solucionando os problemas de falta ou alto custo de inserção da informação (ABEYRATNE e MONFARED, 2016).

Desde 1975 existe o conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos para que as organizações produzam, estoquem, transformem e distribuam produtos de forma eficiente e eficaz. Mais recentemente, na década de 90, surgiu o conceito de Cadeia de Suprimentos Verde (CSV) para orientar a produção e busca de fornecedores que atuem ativamente na redução, reciclagem, reutilização e substituição de matérias-primas para preservação do meio ambiente e da sustentabilidade operacional (NARASIMHAN e CARTER, 1998).

Por meio da CSV, empresas integram-se aos seus fornecedores na busca por produtos ecologicamente corretos, isto influencia todos os integrantes da cadeia produtiva por redução de resíduos e poluentes, e por melhoria de desempenho operacional entre os envolvidos. A CSV habilita empresas para atingir mercados exigentes quanto a produção sustentável e de baixo impacto ambiental (DE ANDRADE et al., 2012). Este trabalho apresenta uma simulação de registros de CSV na indústria sucroenergética em um sistema baseado em tecnologia blockchain, que apresenta vantagens em relação a outros sistemas nas questões relacionadas à segurança, distribuição e facilidade de acesso aos dados.

¹ *Just in Time (JIT)* é um sistema de entrega no qual os suprimentos chegam no momento exato em que serão utilizados, isto reduz custos com estoque e evita desperdícios (TOMMELEIN e WEISSENBERGER, 1999).

2. Cadeia de Suprimentos Verde

A Cadeia de Suprimentos Verde (CSV) surgiu da crescente pressão para gerenciamento ambiental e produção sustentável de matéria-prima e energia (SEMAN et al, 2012), com o objetivo de frear o aumento da poluição e o aquecimento global, por meio de imposições políticas e financeiras para promover as mudanças tecnológicas e sociais necessárias para atingir esse objetivo (HO et al, 2009).

A conscientização dos consumidores e do público em geral sobre a necessidade de promover o desenvolvimento sustentável e respeitar o meio ambiente tem modificado as atividades das cadeias de suprimentos para reduzir impactos ambientais negativos e priorizar a sustentabilidade. A forma de atuação da CSV decorre da imposição de requisitos para seleção de fornecedores ambientalmente corretos ou desenvolvimento de fornecedores na produção e fluxo de bens e serviços, tais como engenharia de produtos, produção, embalagens e transporte, marketing e reciclagem de recursos (SHI et al., 2018).

A garantia da presença da filosofia verde na cadeia de suprimentos pode ser confirmada, dentre outras formas, por meio de certificações. Além da pressão dos consumidores, a implantação da CSV pode ser fomentada por legislações rigorosas, geralmente instituídas para setores que causam grandes impactos ambientais. Outros fatores que favorecem a adoção da CSV é a possibilidade de atingir mercados exigentes, redução de custos e consumo de energia, substituição ou diminuição de extração de matérias-primas naturais, tratamento de resíduos e melhora da imagem da empresa (SEHNEM e OLIVEIRA, 2016).

Atualmente, os consumidores querem produtos saudáveis, livres de agrotóxicos, de produção sustentável e com responsabilidade social e que não impactem sobre o meio ambiente, aliado a essa tendência de comportamento social, a CSV promove a redução de custos em geral, a reutilização e reciclagem de resíduos e, portanto, pode melhorar o desempenho econômico das empresas (SUSILOWATI et al., 2013).

3. Blockchain

Blockchain é uma cadeia de blocos de dados criptografados e armazenados em vários pontos participantes da rede blockchain, esses dados podem ser transações ou eventos registrados na medida em que ocorrem. Devido a essas características blockchain pode ser usado em

determinadas aplicações como um banco de dados distribuído (CROSBY, 2016; CASTRO, 2017).

Toda transação é pública e validada segundo consenso da maioria dos pontos participantes da rede, uma vez gravada a transação não pode mais ser deletada, este recurso, além da criptografia oferece grande segurança ao sistema, uma vez que, caso haja adulteração de alguma transação em algum ponto da rede, o conteúdo da mesma irá diferir das demais réplicas desta transação nos demais pontos da rede, evidenciando a adulteração (CROSBY, 2016).

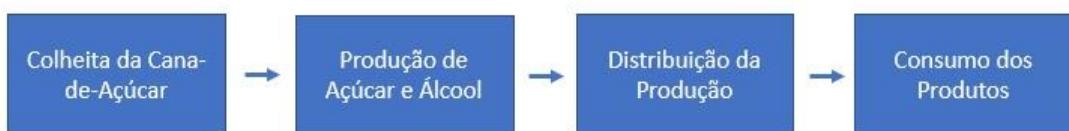
Conforme descrito no parágrafo anterior, a certificação é feita por consenso entre os participantes da rede, já que cada transação completada é compartilhada e está disponível a todos os nós da rede, de modo a não ser necessária a presença de uma entidade certificadora (cartórios, bancos, administradoras de cartões de crédito, etc.), que poderia ser um ponto de falha ou um gargalo, que prejudicaria o desempenho da rede e que muitas vezes detém o monopólio sobre o controle das transações (YLI-HUUMO et al, 2016).

As propriedades de segurança, rastreabilidade, privacidade, cronologia e origem dos dados da blockchain foram fundamentais para a criação das criptomoedas, mas blockchain não se limita a isso, e pode ser usada para uma ampla finalidade de aplicações, tais como, rastreabilidade de alimentos desde sua origem até a gondola de supermercados, realizar pagamentos internacionais, origem e certificações de insumos de uma cadeia de suprimentos, identidade digital, entre outras (MIRAZ e ALI , 2018).

4. Modelo da Cadeia de Suprimentos Verde na Produção Sucroenergética

O modelo deste trabalho para criação do protótipo de sistema de registro de dados da cadeia de suprimentos verde de uma indústria sucroenergética foi baseado na pesquisa de DE ANDRADE et al. (2012).

Figura 1 – Cadeia de Suprimentos da Indústria Sucroenergética



Fonte: Adaptado de DE ANDRADE et al. (2012)

Neste modelo a usina, além de produzir sua própria cana-de-açúcar, assume os custos de produção e os riscos financeiros, ambientais e trabalhistas, somente complementa a aquisição

de cana-de-açúcar de fornecedores que não degradam o meio ambiente, não fazem uso de trabalho escravo ou infantil e praticam a conservação do solo.

Na Produção são realizadas análises de risco para situações como a irrigação da lavoura com vinhaça, na qual, devem ser previstos os procedimentos para se evitar a contaminação dos recursos hídricos. Além disso, são feitos controles sobre a emissão de poluentes, por meio, de laudos de emissão de fumaça por caminhões. Também é feito o reuso da água e são praticados tratamentos de resíduos. Em torno de 5% dos resíduos gerados no processo de fabricação são destinados para a elaboração da compostagem utilizada na lavoura de cana-de-açúcar orgânica para fins de adubação. Sendo que a escolha dos fornecedores depende de os mesmos serem ambientalmente eficientes.

Na Distribuição a preferência é por fornecedores que possuem ISO 9000 ou ISO 14000 e que não praticam trabalho escravo ou infantil.

Esses dados das atividades de Colheita da Cana-de-Açúcar, Produção de Açúcar e Álcool e Distribuição da Produção é que serão registrados em um sistema baseado em tecnologia blockchain, que possui as vantagens de armazenamento seguro e distribuído, facilitando o compartilhamento dos mesmos entre os participantes da cadeia verde de suprimentos.

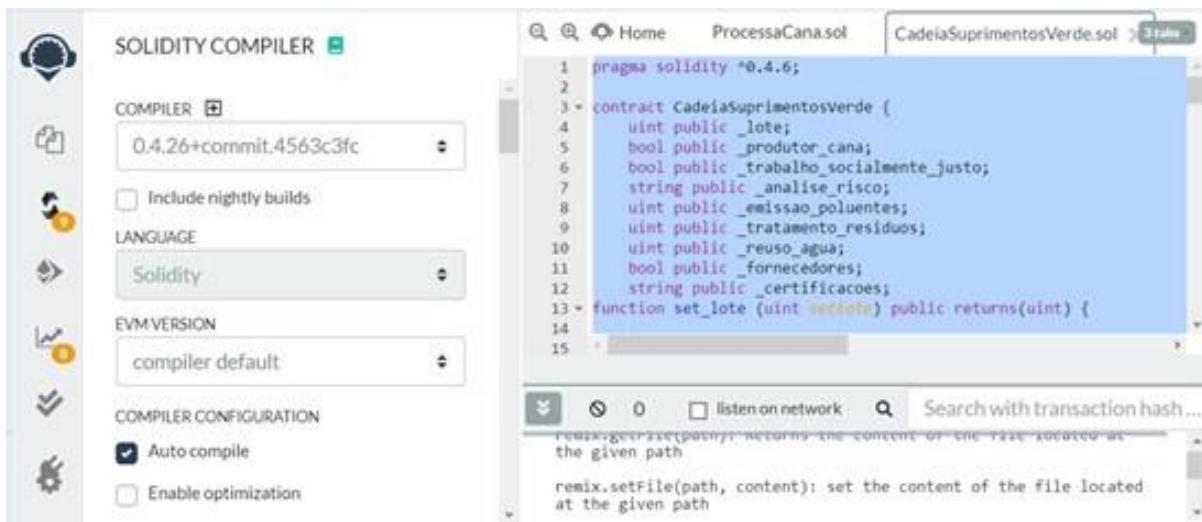
5. Simulação de um modelo de cadeia de suprimentos verde utilizando contrato inteligente

A partir dos dados do modelo de usina de uma cadeia de suprimentos verde foi criado um contrato inteligente, que é um código com as regras de registro e acesso aos dados a serem armazenados na rede blockchain. Neste trabalho, o protótipo foi desenvolvido linguagem Solidity² versão 0.4.6 em uma rede blockchain Ethereum privada, utilizando a plataforma de desenvolvimento Remix³, que é uma plataforma web para criação e simulação de contratos inteligentes, conforme Figura 2.

² <https://solidity.readthedocs.io>

³ <https://remix.ethereum.org>

Figura 2 – Plataforma Remix



Neste contrato inteligente, cada dado a ser registrado é representado por uma variável, que possui regras de qual tipo de dado pode ser gravado e em quais circunstâncias. Esse conjunto de dados forma uma estrutura, que pode ser recuperada a partir do número do lote da cana-de-açúcar que foi recepcionado na usina. A Tabela 1 apresenta a lista das variáveis gravadas no contrato inteligente com a sua respectiva descrição.

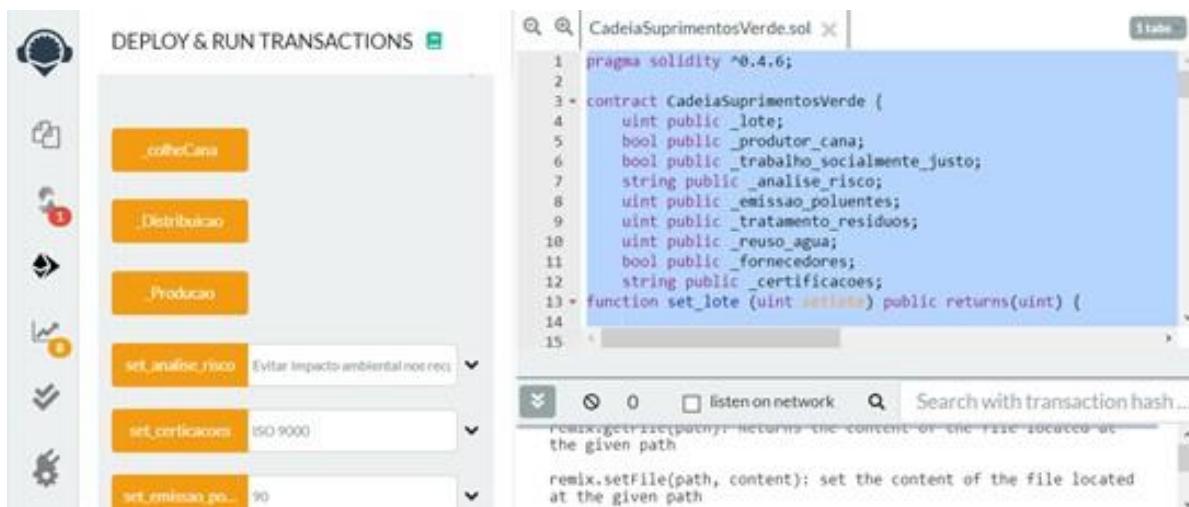
Tabela 1 – Lista de variáveis do contrato inteligente

Variável	Descrição
sender	Variável de sistema para registrar o operador que fez o registro dos dados
lote	Número do lote de cana-de-açúcar
produtor_cana	Registra se o produtor de cana-de-açúcar é ambientalmente correto
trabalho_socialmente justo	Registra se a produção ou os fornecedores respeitam as leis trabalhistas
análise_de_risco	Registra as análises de risco com providências e procedimentos de continuidade dos negócios
emissão_poluentes	Registra o percentual de controle na emissão de poluentes pelos caminhões da usina e ônibus para transporte de trabalhadores
tratamento_residuos	Registra o percentual de tratamento de resíduos praticados na produção
reuso_agua	Registra se nos processos produtivos faz-se o reuso de água
fornecedores	Registra se o fornecedor é ambientalmente eficiente
certificacoes	Registra as certificações dos fornecedores

Neste contrato inteligente, cada variável possui uma função para atribuição de seu valor. Uma vez atribuídos os valores de todas as variáveis, pode-se fazer o registro das mesmas na blockchain utilizando-se as funções colheCana, Producao e Distribuicao, que representam as três atividades da indústria sucroenergética.

Após a compilação do contrato inteligente, a plataforma Remix cria um botão na cor bege para cada função de atribuição de valores e para as funções que representam as atividades da indústria sucroenergética, para servirem de interface com o usuário para realizar simulações do contrato inteligente, conforme Figura 3.

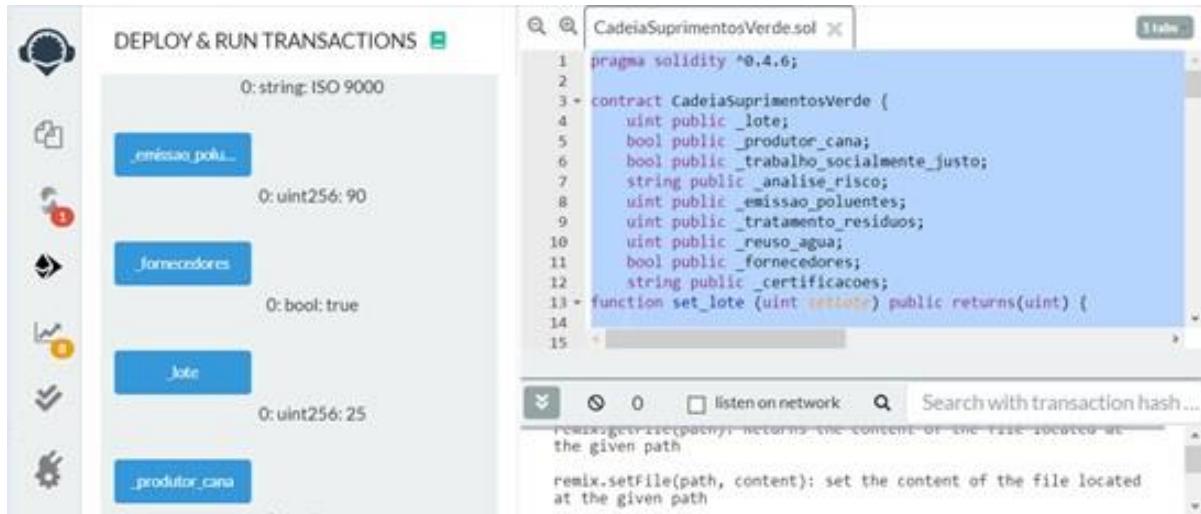
Figura 3 – Botões gerados para interação com o contrato inteligente



No exemplo da Figura 3, está sendo atribuído na variável analise_risco a frase “Evitar impacto ambiental nos recursos hídricos por irrigação de vinhaça na lavoura”, bem como atribuição da “ISO 9000” na variável certificações e 90 que representa 90% no controle de emissão de poluentes por caminhões e ônibus na variável emissão de poluentes.

A interface Remix cria também botões para consulta aos valores das variáveis, que ficam disponíveis na cor azul, também, após a compilação (Figura 4).

Figura 4 – Botões gerados para consulta a dados atribuídos às variáveis

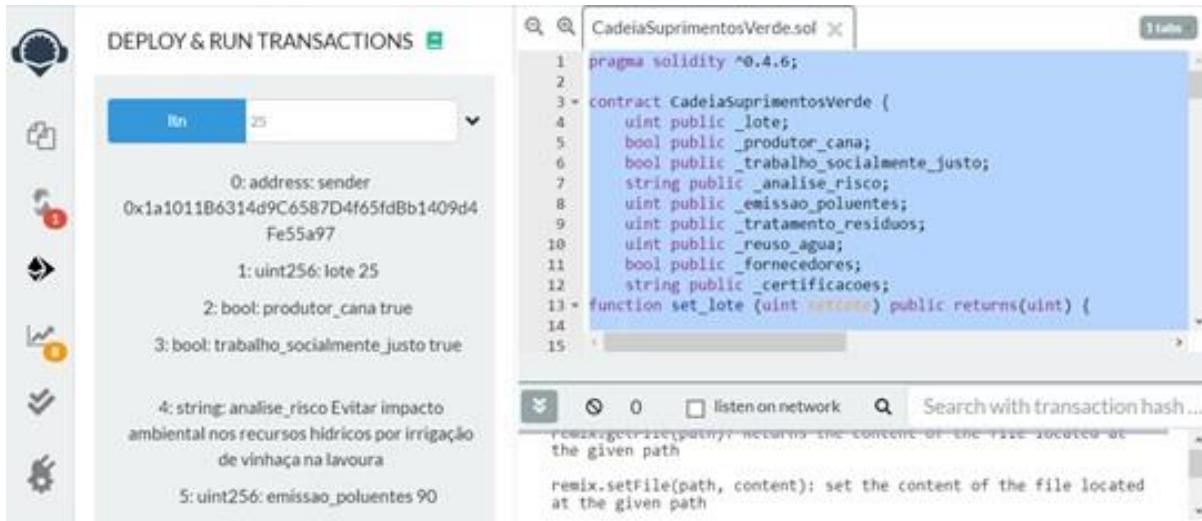


No exemplo da Figura 4, estão representados os valores de algumas variáveis, tais como 90% de controle na emissão de poluentes, que os fornecedores são ambientalmente eficientes (true) e que o número do lote é 25.

Além disso, a plataforma Remix fornece contas de usuários, que representam os operadores que irão realizar a entrada dos dados, sendo esses operadores gravados na variável sender, conforme descrição da Tabela 1.

Utilizando esses recursos e as interfaces (botões) podem-se realizar as simulações para averiguar o funcionamento do contrato inteligente, com registro e consulta dos dados gravados. A Figura 5 é um exemplo de consulta aos dados gravados utilizando o número do lote da cana-de-açúcar recepcionada na usina para acesso a todos os dados da cadeia de suprimentos verde do referido lote.

Figura 5 – Consulta de dados registrados por número de lote



```

pragma solidity ^0.4.6;
contract CadeiaSuprimentosVerde {
  uint public _lot;
  bool public _produtor_cana;
  bool public _trabalho_socialmente justo;
  string public _analise_risco;
  uint public _emissao_poluentes;
  uint public _tratamento_residuos;
  uint public _reuso_agua;
  bool public _fornecedores;
  string public _certificacoes;
  function set_lote (uint _lot) public returns(uint) {
  }
}
  
```

No exemplo da Figura 5, a partir do número do lote (25) foi possível consultar os valores dos dados registrados da cadeia de suprimentos verde. De forma que o contrato CadeiaSuprimentosVerde.sol é um possível exemplo de sistema que permite registrar e consultar dados da cadeia de suprimentos verde de uma indústria sucroenergética.

6. Considerações Finais

As características de segurança, rastreabilidade, privacidade, imutabilidade, disponibilidade e armazenamento distribuído da blockchain são ideais para sistemas de gerenciamento da cadeia de suprimentos, uma vez que permite a inserção de dados de vários pontos da rede, de modo seguro, compartilhado e confiável. A cadeia de suprimentos verde, por sua vez, é um ramo da cadeia de suprimentos, que auxilia na certificação das ações socioambientais das empresas, isto melhora a imagem das mesmas perante a opinião pública, promove novas oportunidades de negócio, facilita o acesso a mercados internacionais, além de melhorar o desempenho operacional e financeiro. Portanto, o gerenciamento da cadeia de suprimentos verde, naturalmente, é um forte candidato para adoção da tecnologia blockchain, devido a facilidade de acesso à informação e da confiabilidade que a mesma proporciona, para atingir consumidores exigentes, em especial os mercados internacionais e, também, porque o sistema de informações gerado promove a economia e reutilização de recursos, aumentando a eficiência e a rentabilidade das empresas.

REFERÊNCIAS

- ABEYRATNE, Saveen A.; MONFARED, Radmehr P. Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, v. 5, n. 9, p. 1-10, 2016.
- CASTRO, A de. Quantum one-way permutation over the finite field of two elements. *Quantum Information Processing*. 16:149, 2017.
- CROSBY, Michael et al. Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, v. 2, n. 6-10, p. 71, 2016.
- DE ANDRADE, Marta Cleia Ferreira; PAIVA, Ely Laureano. Green supply chain management na agroindústria canavieira: o caso Jalles Machado. *Revista Base (Administração e Contabilidade) da UNISINOS*, v. 9, n. 1, p. 2-12, 2012.
- GREEN, K. W.; INMAN*, R. A. Using a just-in-time selling strategy to strengthen supply chain linkages. *International journal of production research*, v. 43, n. 16, p. 3437-3453, 2005.
- HO, Johnny C. et al. Opportunities in green supply chain management. *The Coastal Business Journal*, v. 8, n. 1, p. 18-31, 2009.
- KORPELA, Kari; HALLIKAS, Jukka; DAHLBERG, Tomi. Digital supply chain transformation toward blockchain integration. In: *proceedings of the 50th Hawaii international conference on system sciences*. 2017.
- MIRAZ, Mahdi H.; ALI, Maaruf. Applications of blockchain technology beyond cryptocurrency. *arXiv preprint arXiv:1801.03528*, 2018.
- NARASIMHAN R.; CARTER, J. R. Environmental purchasing: benchmarking our German counterparts. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, v. 34, n. 4, p. 28-38, 1998.
- SEHNEM, Simone; OLIVEIRA, Gean Pacheco de. Green Supply Chain Management: an analysis of the supplier-agro industry relationship of a Southern Brazilian company. *BBR. Brazilian Business Review*, v. 13, n. 6, p. 158-190, 2016.
- SEMAN, Noor Aslinda Abu et al. Green supply chain management: a review and research direction. *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, v. 3, n. 1, p. 1-18, 2012.
- SHI, Hua et al. A novel integrated approach for green supplier selection with interval-valued intuitionistic uncertain linguistic information: A case study in the agri-food industry. *Sustainability*, v. 10, n. 3, p. 733, 2018.

SUSILOWATI, Dwi et al. THE INFLUENCE of GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (GSCM) TOWARD ECONOMIC PERFORMANCE on AGRIBUSINESS APPLES. Academic Research International, v. 4, n. 4, p. 115, 2013.

TOMMELEIN, Iris D.; WEISSENBERGER, Markus. More just-in-time: location of buffers in structural steel supply and construction processes. In: Proceedings IGLC. 1999. p. 109.

YLI-HUUMO, Jesse et al. Where is current research on blockchain technology?—a systematic review. PloS one, v. 11, n. 10, p. e0163477, 2016.