

# Sistema de Unidade de Beneficiamento de Algodão (UBA) modelado em Identidade Autossoberana

Gabriel F. C. Da Silva<sup>1</sup>, Gilson S. Junior<sup>1</sup>, Janaína F. B. Duarte<sup>1</sup>, Maurício A. Pillon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciência da Computação (DCC)  
Programa de Pós-graduação de Computação Aplicada (PPGCAp)  
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

{gabriel.silva111, gilson.sj, janaina.duarte}@edu.udesc.br  
mauricio.pillon@udesc.br

**Abstract.** *A unique digital identity in cyberspace is essential for identifying devices, people or objects. The Self-Sovereign Identity (Identidade Digital Autossoberana) (SSI) model is a new decentralized paradigm that allows entities to manage their own identities reliably, eliminating dependence on certification organizations. In this context, this work explores the use of the SSI model in the ecosystem that involves the cotton production chain, modeling the UBA entity. With this, it seeks to analyze how self-sovereign identities can be effectively used to promote trust and transparency in the chain, with the potential to solve challenges related to the authenticity, certification and traceability of cotton.*

**Resumo.** *Uma identidade digital única no ciberespaço é essencial para identificar dispositivos, pessoas ou objetos. O modelo SSI é um novo paradigma descentralizado que permite às entidades gerenciar suas próprias identidades de forma confiável, eliminando a dependência de organizações certificadoras. Nesse contexto, este trabalho explora o uso do modelo SSI no ecossistema que envolve a cadeia produtiva do algodão, modelando a entidade UBA. Com isso, busca analisar como as identidades autossoberanas podem ser efetivamente utilizadas para promover a confiança e a transparência na cadeia, com potencial para resolver desafios relacionados à autenticidade, certificação e rastreabilidade do algodão.*

## 1. Introdução

Uma cadeia produtiva envolve etapas sequenciais de transformação de insumos até a produção final e disponibilização no mercado [Chopra and Meindl 2001]. A cadeia produtiva do algodão é particularmente longa e complexa [Buainain et al. 2007], e abrange diversas partes independentes que, devido à sua natureza distribuída e competitiva, exigem informações verificáveis sobre produtos e processos, especialmente quando se trata de rastreabilidade. A rastreabilidade de produtos é fundamental para a conformidade e a auditabilidade em um mercado globalizado, com mais destaque nas últimas décadas devido a preocupações como segurança alimentar [Joseph 2001]. Porém, é fato que esta preocupação se estende além da indústria alimentícia. A cadeia de produção do algodão é rastreada por meio de selos impressos, que certificam qualidade, origem, segurança e sustentabilidade [Grunert et al. 2014]. Entretanto, selos impressos são suscetíveis à falsificação, prejudicando a confiabilidade.

Dessa forma, todos esses fatores destacam a necessidade de cadeias confiáveis e rastreáveis, com verificabilidade. A tecnologia *blockchain* é estudada nesse sentido [Cocco et al. 2021, Agrawal et al. 2021, Hader et al. 2022, Sezer et al. 2022,

Malik et al. 2021], melhorando integridade e rastreabilidade em sistemas de gestão, mas desafios permanecem, especialmente para pequenas organizações, no que diz respeito à custos e conformidade com regulamentos de privacidade de dados. Em relação à confiança, o SSI surgiu descentralizando informações pessoais [Soltani et al. 2021], com aplicação comum em identidades individuais e Internet das Coisas, porém, a extensão do SSI para outros cenários é explorada. Nesse sentido, este estudo visa explorar a aplicação do modelo SSI na esfera da cadeia produtiva do algodão, com foco na modelagem da entidade UBA. O objetivo central é analisar como as identidades autossobranas podem ser empregadas eficazmente para fomentar a confiabilidade e transparência na cadeia, oferecendo potencial para abordar desafios relativos à autenticidade, certificação e rastreabilidade do algodão.

Dessa forma, o trabalho apresenta: (i) a Seção 2, que explora o conceito de SSI e a descrição de sua arquitetura; (ii) a Seção 3, que discute a cadeia produtiva do algodão e seus desafios; (iii) a Seção 4, que introduz o projeto COTTONTRUST e sua arquitetura, com o detalhamento da modelagem da entidade UBA e a definição do ambiente experimental; e, finalmente, (iv) a Seção 5, com considerações finais e trabalhos futuros.

## 2. Identidade Digital Autossobranana

Também conhecida como identidade auto gerenciada e identidade controlada pelo usuário, o SSI é um modelo de gerenciamento de identidade no qual o titular tem controle total sobre seus dados e decide como e sob quais condições estes devem ser compartilhados com outras pessoas [Soltani et al. 2021]. Fundamentado em princípios e tecnologias, compreende a combinação de conceitos já estabelecidos para criar um novo modelo de gerenciamento de identidade, cujos blocos de construção essenciais incluem: credenciais verificáveis, triângulo da confiança, *Decentralized Identifiers* (DIDs), carteiras e agentes digitais, registros de dados verificáveis (RDV) e estruturas de governança [Preukschat and Reed 2021]. Esse conjunto de blocos se une para construir uma imagem geral, seguindo um modelo de arquitetura de quatro camadas para infraestrutura de confiança digital alimentada por SSI, chamada pilha SSI [Davie et al. 2019]. A pilha SSI descreve as dependências arquiteturais fundamentais no SSI, sendo as duas camadas inferiores destinadas a alcançar a confiança técnica do modelo, e as duas camadas superiores destinadas a alcançar a confiança humana.

A **Camada 1** é a parte inferior da pilha, cujas chaves públicas e DIDs são definidos e gerenciados. Essa camada precisa garantir que todas as partes interessadas concordem com a mesma verdade sobre o que, ou quem, um identificador referencia, e como o controle desse identificador pode ser comprovado usando chaves criptográficas. Também deve permitir que todas as partes leiam e gravem dados sem depender da interferência de autoridades centrais. A **Camada 2** trata do estabelecimento de comunicações confiáveis entre as partes. É a camada dos agentes digitais, carteiras e armazenamentos de dados criptografados [Preukschat and Reed 2021]. A **Camada 3** é a camada do triângulo da confiança, cujo objetivo é oferecer suporte para as credenciais verificáveis interoperáveis que podem ser usadas – de qualquer emissor, para qualquer titular, para qualquer verificador. Essa camada descreve as opções de formato das credenciais verificáveis e os protocolos usados para trocá-las. Por fim, a **Camada 4** diz respeito às estruturas de governança que existem para descrever as políticas, procedimentos e mecanismos para a operação da confiança digital na comunidade SSI [Preukschat and Reed 2021].

## 3. Cadeia Produtiva do Algodão

A cadeia produtiva do algodão apresenta uma complexidade notável, englobando diversas etapas distintas, desde a produção e beneficiamento até a indústria têxtil e a confecção final

[Buainain et al. 2007]. A etapa de produção engloba tanto a obtenção da pluma quanto do caroço, além do processo de beneficiamento do algodão. A qualidade intrínseca do algodão possui um papel crucial para a indústria têxtil, sendo que o beneficiamento exerce um papel vital na separação das fibras das sementes. A identificação precisa dos fardos de algodão é assegurada por meio de etiquetas e avaliações detalhadas por análise visual e análise de amostras [AMIPA 2023].

Após o processo de beneficiamento, os fardos de algodão são encaminhados à indústria têxtil, onde passam por uma transformação que os converte em fios utilizados para tecelagem e malharia. Estes produtos, por sua vez, passam por um processo adicional de beneficiamento têxtil, visando aprimorar suas características. Em etapas posteriores, os tecidos e malhas resultantes são empregados na confecção de roupas, itens para o lar e até mesmo produtos industriais. A distribuição desses produtos se estende até alcançar os consumidores finais. Dessa forma, é inegável que informações precisas e confiáveis desempenham um papel crucial para os produtores, compradores e todos os envolvidos na cadeia produtiva. Estes dados proporcionam a rastreabilidade do algodão desde sua origem, cumprindo não apenas as expectativas dos clientes, mas também regulamentações internacionais [AMIPA 2023].

### 3.1. Estudos Relacionados

Nas últimas décadas, os pesquisadores têm se preocupado em desenvolver várias abordagens para alcançar a rastreabilidade e auditabilidade nas cadeias produtivas em geral, cada qual aplicando métodos diferentes. A maioria dos trabalhos identificados nos mecanismos de busca acadêmica, adotam uma abordagem centralizada, ou descentralizada com a aplicação da tecnologia *blockchain*, para alcançar a rastreabilidade das cadeias [Cocco et al. 2021, Agrawal et al. 2021, Hader et al. 2022, Sezer et al. 2022, Malik et al. 2021]. Embora a tecnologia *blockchain* ofereça maiores benefícios para a rastreabilidade de cadeias produtivas, quando comparada às abordagens centralizadas, a mesma também apresenta alguns desafios e problemas que devem ser considerados, conforme: (i) **Escalabilidade:** o aumento de transações e participantes pode congestionar a rede, prejudicando o desempenho e adoção em larga escala. (ii) **Custos:** manter a rede, validar transações e armazenar dados demanda recursos substanciais, dificultando empresas menores. (iii) **Privacidade e proteção de dados:** a transparência imutável do *blockchain* gera preocupações sobre a segurança de dados sensíveis, apesar do uso de criptografia. (iv) **Conformidade com as leis gerais de proteção de dados:** a natureza distribuída e imutável do *blockchain* dificulta a conformidade com leis de proteção de dados, como LGPD e GDPR.

Esses problemas destacam a importância de explorar outras alternativas descentralizadas, como a utilização do SSI, para superar as limitações das abordagens centralizadas ou das que utilizam a tecnologia *blockchain*, e promover uma rastreabilidade mais confiável, transparente e resistente a falhas na cadeia produtiva do algodão.

## 4. COTTONTRUST

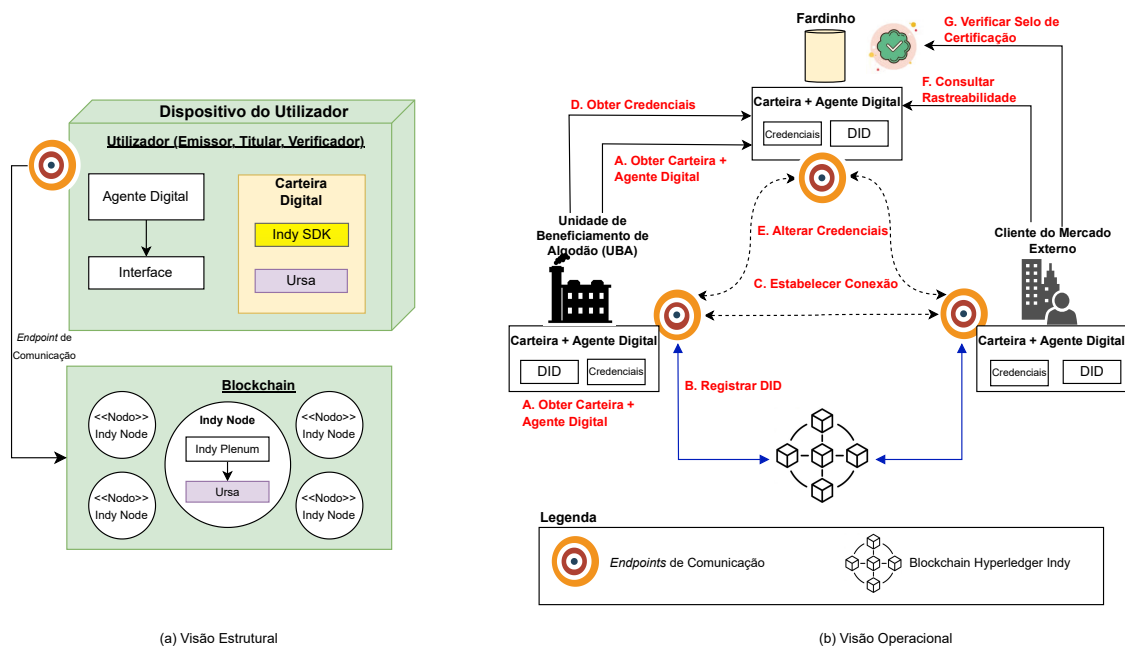
O COTTONTRUST é uma estrutura baseada no modelo SSI, cujo objetivo é alcançar rastreabilidade, confiabilidade, auditabilidade e verificabilidade na cadeia produtiva do algodão. Dada a extensão e complexidade da cadeia algodoeira, o COTTONTRUST analisa apenas uma parcela representativa dessa cadeia, que compreende a produção do fardinho de algodão em pluma pela UBA, a venda desse fardinho para um cliente do mercado internacional, a verificabilidade de selos de certificação, e a consulta das informações pertinentes com foco na rastreabilidade.

## 4.1. Arquitetura

**Nível Estrutural:** Uma visão estrutural do COTTONTRUST é explicada na Figura 1(a) e envolve os seguintes componentes principais: (a) RDV, que neste trabalho consiste num *blockchain* desenvolvido pela comunidade Hyperledger; (b) Agentes e Carteiras Digitais; (c) DIDs; e (d) Credenciais Verificáveis. Além disso, essa arquitetura incorpora três entidades claramente diferenciadas: o Emissor, o Titular e o Verificador, os quais são também referidos como Utilizadores. Cada uma dessas entidades possui seu próprio agente digital, que lhes proporciona a capacidade de interagir com o sistema.

Na Figura 1(a), é possível distinguir: o agente digital do Utilizador, a carteira digital e a infraestrutura do *blockchain* Hyperledger Indy, complementados por dois componentes adicionais: Indy SDK e Ursa. O agente digital do Utilizador inclui um componente de processamento central, que contém toda a lógica operacional, e uma interface destinada à interação com o Utilizador. A comunicação do agente digital com outros agentes é estabelecida através de *endpoints* de comunicação. Já o *blockchain* implementado é composto pelos nós constituídos pelos componentes Indy Node, Indy Plenum e Ursa.

**Nível Operacional:** Uma visão do funcionamento do COTTONTRUST é explicada na Figura 1(b), usando as fases de A até G. A arquitetura incorpora três entidades claramente diferenciadas: o Emissor, o Titular e o Verificador, que representam as partes da parcela específica da cadeia produtiva do algodão: UBA; Cliente do Mercado Externo e o Fardinho de algodão em pluma.



**Figura 1. Arquitetura do COTTONTRUST**

Cada uma dessas partes precisa de uma carteira e um agente digital para trocar informações com segurança entre elas, realizar operações criptográficas e armazenar dados privados, como chaves, DIDs e credenciais (fase A). Após essa etapa, as partes registram seus DIDs públicos, que as identificarão de forma globalmente única, por meio de seus agentes digitais, criando um registro imutável no *blockchain* (fase B).

Uma vez que as partes estão identificadas por meio de seus DIDs e possuem suas próprias carteiras e agentes digitais, a UBA irá produzir os Fardinhos de algodão em pluma.

Ao produzir um Fardinho, a UBA obtém uma carteira e um agente digital para o mesmo, identificando-o de forma globalmente única utilizando um DID e registrando essa informação no *blockchain* (fases A e B para o Fardinho). O Fardinho, portanto, passa a ser uma entidade da cadeia. Todo DID possui um controlador, que provê controle sobre ele sem exigir permissão de qualquer outra parte e, no caso do Fardinho, a própria UBA será seu controlador nesse primeiro momento.

A fim de viabilizar qualquer transação entre duas entidades, é essencial, em primeiro lugar, estabelecer uma conexão entre elas (fase C). Após estabelecida a conexão entre a UBA e o Fardinho, caberá à UBA gerar uma credencial verificável desse Fardinho, atestando sua legitimidade, privilégios de acesso e funções, que será enviada para a respectiva carteira digital (fase D).

Ao longo da jornada de um Fardinho, é plenamente possível que novas credenciais sejam adquiridas (como a credencial relacionada aos selos de certificação, exemplificadamente), outras sejam revogadas ou transferidas (fase E). Em qualquer tempo, entidades também podem obter informações de rastreabilidade (fase F), bem como é possível que uma entidade manifeste interesse em verificar a autenticidade dos selos de certificação à ele associados (fase G).

## **4.2. Modelagem da entidade UBA**

Para desenvolver o COTTONTRUST, a principal ferramenta utilizada é o Hyperledger Indy, que fornece um conjunto de bibliotecas para desenvolver aplicativos SSI, disponíveis em diferentes linguagens de programação. A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento é Python 3.6.9.

A entidade UBA foi a primeira entidade da cadeia selecionada para ser modelada. A UBA criada é associada à uma carteira digital e recebe um DID, que é gerado e armazenado na carteira, garantindo que a entidade tenha uma identidade digital única e segura, e mantenha a posse de suas informações pessoais. Para isso, a aplicação solicita as informações que irão compor os seus atributos: nome, CNPJ e detalhes de endereço. Essas informações irão compor uma credencial verificável que ficará armazenada na carteira digital de UBA. No transcorrer de sua existência, UBA irá adquirir inúmeras credenciais verificáveis que atestam sua integridade e conformidade com normas específicas.

## **5. Considerações Finais**

As identidades autossobranas têm ganhado destaque em diversos setores devido à sua capacidade de proporcionar autonomia, segurança e controle aos usuários sobre suas informações digitais. Exemplificadamente no setor de saúde, oferecendo aos pacientes maior controle sobre seus registros médicos, permitindo compartilharem seletivamente suas informações com profissionais de saúde; no setor de educação, para verificar certificados e diplomas de forma segura e eficiente; no setor financeiro, melhorando a verificação de identidade digital em transações financeiras e reduzindo fraudes, entre outros. Esses exemplos destacam a versatilidade das identidades autossobranas em diferentes setores, evidenciando seu potencial para proporcionar benefícios significativos em termos de segurança, privacidade e controle do usuário.

Este trabalho modela a entidade UBA, utilizando o modelo de identidade autossobranas. A entidade UBA é parte representativa da cadeia produtiva do algodão, objeto de análise do COTTONTRUST. Como próximas etapas à curto prazo, o objetivo é implementar o cenário de uso completo, conforme detalhado na Seção 4. Isso permitirá validar a aplicabilidade e eficácia da solução em um contexto operacional real, proporcionando subsídios para refinamentos adicionais e aprimoramentos do sistema.

A implementação do sistema baseado nos princípios do SSI na cadeia produtiva do algodão busca benefícios distintos em comparação com modelos alternativos. Estes incluem eficiência e escalabilidade ao eliminar a necessidade de uma autoridade central para verificar credenciais, autenticidade e integridade aprimoradas ao utilizar o SSI para manter credenciais verificáveis, menor dependência de terceiros em relação a modelos baseados em *blockchain*, maior privacidade e controle do usuário, adaptabilidade e facilidade de implementação devido à descentralização, e menor custo operacional devido à eliminação de intermediários centralizados e simplificação de processos de verificação. Ao comparar esses resultados com modelos baseados em *blockchain* e centralizados, espera-se que o COTTONTRUST destaque-se em termos de eficiência, controle do usuário, privacidade e adaptabilidade na cadeia produtiva do algodão.

Como direção futura à longo prazo, testes de usabilidade são essenciais, visando aprimorar, eliminar ou adicionar funcionalidades com base nessa análise. Além disso, explorar diferentes cenários de testes e mecanismos de governança para aceitação legal são áreas de pesquisa futura.

## Agradecimentos

Este trabalho é apoiado financeiramente pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), Santa Catarina State University (UDESC) e *Laboratory of Parallel and Distributed Processing (LabP2D)*.

## Referências

- Agrawal, T. K., Kumar, V., Pal, R., Wang, L., and Chen, Y. (2021). Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry. *Computers Industrial Engineering*, 154:107130.
- AMIPA (2023). Beneficiamento. url: <https://amipa.com.br/ben-algodoeiras>.
- Buainain, A. M. et al. (2007). *Cadeia produtiva do algodão*, volume 4. Bib. Orton IICA/CATIE.
- Chopra, S. and Meindl, P. (2001). Strategy, planning, and operation. *Supply Chain Management*, pages 13–17.
- Cocco, L., Tonelli, R., and Marchesi, M. (2021). Blockchain and self sovereign identity to support quality in the food supply chain. *Future Internet*, 13(12):301.
- Davie, M., Gisolfi, D., Hardman, D., Jordan, J., O'Donnell, D., and Reed, D. (2019). The trust over ip stack. *IEEE Communications Standards Magazine*, 3(4):46–51.
- Grunert, K. G., Hieke, S., and Wills, J. (2014). Sustainability labels on food products: Consumer motivation, understanding and use. *Food policy*, 44:177–189.
- Hader, M., Tchoffa, D., Mhamedi, A. E., Ghodous, P., Dolgui, A., and Abouabdellah, A. (2022). Applying integrated blockchain and big data technologies to improve supply chain traceability and information sharing in the textile sector. *Journal of Industrial Information Integration*, 28:100345.
- Joseph, M. (2001). *Quality Planning and Analysis: From Product Development Through Usage*. McGraw-Hill.
- Malik, S., Gupta, N., Dedeoglu, V., Kanhere, S. S., and Jurdak, R. (2021). Tradechain: Decoupling traceability and identity in blockchain enabled supply chains. In *2021 IEEE 20th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom)*, pages 1141–1152. IEEE.
- Preukschat, A. and Reed, D. (2021). *Self-sovereign identity*. Manning Publications.
- Sezer, B. B., Topal, S., and Nuriyev, U. (2022). Tppsupply : A traceable and privacy-preserving blockchain system architecture for the supply chain. *Journal of Information Security and Applications*, 66:103116.
- Soltani, R., Nguyen, U. T., and An, A. (2021). A survey of self-sovereign identity ecosystem. *Security and Communication Networks*, 2021.