



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE CASTANHAL  
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO (FACOMP)

MARKUS DOUGLAS NASCIMENTO SIQUEIRA

**TÍTULO:** O USO DA TECNOLOGIA NO APOIO À DESTINAÇÃO  
SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

CASTANHAL  
2023

MARKUS DOUGLAS NASCIMENTO SIQUEIRA

**TÍTULO: O USO DA TECNOLOGIA NO APOIO À DESTINAÇÃO  
SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Sistemas de Informação, do Campus Universitário de Castanhal, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientadora: Dra Yomara Pinheiro Pires.

CASTANHAL  
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

Siqueira, Markus Douglas Nascimento.  
O USO DA TECNOLOGIA NO APOIO À DESTINAÇÃO  
SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS / Markus  
Douglas Nascimento Siqueira. — 2023.  
14 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Yomara Pinheiro Pires  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Campus Universitário de Castanhal, Faculdade de  
Sistemas de Informação, Castanhal, 2023.

1. desenvolvimento de software. 2. api. 3. gerenciamento  
de resíduos sólidos recicláveis e reutilizáveis. I. Título.

CDD 005.1

---

# O uso da tecnologia no apoio à destinação sustentável de resíduos sólidos urbanos

Markus Douglas Nascimento Siqueira<sup>1</sup>, Yomara Pinheiro Pires<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Computação (FACOMP) – Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Castanhal – Pará – Brasil

makusdouglas@gmail.com, yomara.upfa@gmail.com

**Abstract.** *Collecting municipal solid waste (MSW) is one of the biggest challenges for environmental management. The lack of internet applications has affected citizens' collaboration in favor of sustainability. We aimed to develop an API for the Destino Sustentável project to facilitate communication between citizens who generate and those who recycle or reuse MSW. We coded the application with this project's functional and non-functional aspects, which managers then validated. The results show that the project's architecture makes the application more scalable, reusable, and secure. We hope the API will be used to grow the sustainable economy and URS management.*

**Resumo.** *A coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é um dos grandes desafios para a gestão ambiental. A falta de aplicações de internet tem afetado a colaboração de cidadãos em prol da sustentabilidade. O objetivo deste trabalho foi desenvolver a API do projeto Destino Sustentável para facilitar a comunicação entre os cidadãos que geram e os que reciclam ou reutilizam os RSU. Realizou-se a codificação da aplicação de acordo com os requisitos funcionais e não funcionais do projeto que, em seguida, foram validados por seus coordenadores. Os resultados destacam que a arquitetura do projeto tornou a aplicação mais escalável, reutilizável e segura. Espera-se que a API seja utilizada no fortalecimento da economia sustentável e gestão de RSU.*

**Palavras-chave:** desenvolvimento de software. api. gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis e reutilizáveis.

## 1. Introdução

Um dos maiores desafios que a sociedade moderna tem enfrentado é a gestão de resíduos sólidos. A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos recicláveis, reutilizáveis e rejeitos, em especial os domiciliares, tem aumentado diante do crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição segura [JACOBI, 2011].

Diante dos problemas de gerenciamento de resíduos, o projeto Destino Sustentável (DS) propôs soluções tecnológicas para o descarte adequado dos materiais recicláveis e reutilizáveis. Esse projeto foi iniciado em 2015 por estudantes da Faculdade de Computação da Universidade Federal do Pará, campus Castanhal, visando aplicar seus conhecimentos em tecnologias da informação e comunicação em desafios socioambientais reais. É possível mencionar um aplicativo móvel e uma aplicação web, onde os usuários anunciam os resíduos disponíveis para descarte e os catadores podem visualizar esses anúncios, atendê-los e coletá-los, a partir da comunicação intermediada pela própria aplicação [OLIVEIRA, 2019].

O desenvolvimento das aplicações web e móvel está descrito detalhadamente em dois trabalhos científicos [OLIVEIRA, 2019] e [CARRILHO, 2020], respectivamente. Nesse caso, a aplicação web possibilita o acesso das pessoas em seus computadores, enquanto o aplicativo móvel fornece a interação por meio de smartphones. Para tanto, em um grupo focal realizado com os fundadores, foi identificado que existem desafios na comunicação entre os serviços do aplicativo e da aplicação web. Em vista disso, esse trabalho propõe o desenvolvimento de uma Interface de aplicação de programação (API) atendendo às expectativas de segurança, desempenho e documentação de código, indicadas pelos gestores do projeto.

## **1.1 Objetivos gerais**

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de uma API que atenda as necessidades do Destino Sustentável.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Codificar a API considerando os requisitos funcionais e não funcionais do projeto Destino Sustentável, visando a melhoria na comunicação entre os serviços do aplicativo e da aplicação web.
- Validar os requisitos da API por meio da avaliação e aprovação pelos coordenadores do projeto, assegurando que atendam às expectativas de segurança, desempenho e documentação de código estabelecidas.
- Implementar uma arquitetura que torne a API escalável, reutilizável e segura, visando proporcionar uma base sólida para a interação entre os usuários, promovendo a efetividade na gestão de RSU.
- Facilitar a colaboração de cidadãos em prol da sustentabilidade, promovendo a integração entre geradores de RSU e recicladores/reutilizadores por meio da API desenvolvida.
- Contribuir para o fortalecimento da economia sustentável e para uma gestão mais eficaz de Resíduos Sólidos Urbanos, incentivando práticas responsáveis de descarte, reciclagem e reutilização.

As próximas seções estão divididas em Fundamentação teórica, os procedimentos metodológicos, a metodologia de desenvolvimento da aplicação, a descrição do projeto de desenvolvimento, resultados e discussões da pesquisa. Para finalizar, também apresentam-se as considerações finais.

## **2. Fundamentação teórica**

Segundo [Jacobi 2011], os debates acerca do gerenciamento de resíduos aumentaram bastante desde a conferência Rio 92, em escala global nos países ricos e pobres, pois contribui direta ou indiretamente com o aquecimento global e mudanças climáticas.

Desde o acontecimento da Rio 92, novas prioridades são incorporadas à gestão de resíduos sólidos que levaram a uma mudança de paradigma e tem direcionado a atuação dos governos, sociedades e indústria. De acordo com [Jacobi 2011], dentre as prioridades encontra-se a redução de resíduos nas fontes geradoras e redução na disposição final no solo, a maximização do reaproveitamento da coleta seletiva e da reciclagem com inclusão socioprodutiva de catadores e participação da sociedade, a compostagem e recuperação de energia.

A prestação do serviço de coleta seletiva pelos municípios brasileiros têm avançado. No entanto, ainda se encontra muito aquém dos patamares necessários para efetivamente reduzir a quantidade de resíduos potencialmente recicláveis que ainda são dispostos em aterros ou lixões e os impactos decorrentes [Jacobi 2011].

Existe um crescente investimento do governo federal na construção de aterros sanitários e recuperação de energia, centrais de triagem e de compostagem, infraestrutura e capacitação para organizações de catadores. No entanto, a realidade brasileira demanda muito compromisso dos dirigentes municipais na escolha de soluções adequadas de baixo custo, de tecnologias compatíveis com o contexto local e com a implantação da coleta seletiva com remuneração justa do serviço prestado pelos catadores de materiais recicláveis [Jacobi 2011].

Em São Paulo, já existe um grande contingente de catadores organizados. A expansão da coleta seletiva é urgente e estratégica e poderá no futuro se bem conduzida, com transparência e diálogo com os atores envolvidos, representar uma oportunidade de reduzir os custos da cidade com esses serviços, gerar milhares de postos de trabalho e promover maior responsabilização dos cidadãos com a limpeza e a sustentabilidade urbana [Jacobi 2011].

Em contrapartida, o estado do Pará é um dos estados que menos recicla o lixo urbano produzido, segundo o [G1 Pará 2019] o estado recicla somente 0,48% do lixo produzido e Belém está posicionada entre as capitais que menos reciclam lixo. Cerca de 0,45% dos resíduos produzidos na capital do estado são destinados à reciclagem, índice esse que fica bem abaixo da média nacional, que é de 3%. Dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (Abrelpe).

A expansão da coleta seletiva é urgente e estratégica e poderá no futuro, se bem conduzida, com transparência e diálogo com os atores envolvidos, representar uma oportunidade de reduzir os custos da cidade com esses serviços, gerar milhares de postos de trabalho e promover maior responsabilização dos cidadãos com a limpeza e a sustentabilidade urbana [Jacobi 2011].

A tecnologia social (TS), segundo [Rodrigues 2008], implica a construção de soluções de forma coletiva pelos que irão se beneficiar dessas soluções atuando com autonomia, ou seja, o usuário não vai apenas estar usufruindo de uma tecnologia

importada feita por especialistas, mas sim construir e utilizar uma solução direcionada para o seu meio social, econômico e ambiental..

Para [Rodrigues 2008], a tecnologia social é um instrumento que possibilita o desenvolvimento sustentável de modo autêntico, pois além da erradicação da pobreza e cuidado com o meio ambiente, ela promove a cidadania.

### 3. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa tem como natureza aplicada, com conhecimentos teóricos e práticos de desenvolvimento para uma API. Além disso, considera-se como uma pesquisa exploratória, pois foram realizados grupos de foco para identificar os desafios enfrentados pelos gestores do Destino Sustentável na implementação de novas soluções tecnológicas para o DS. Assim, a pesquisa possui abordagem qualitativa, haja vista os dados foram analisados por meio da interpretação das experiências, desafios e discussões de validação dos gestores do projeto.

Dada a base metodológica da pesquisa, considera-se importante os seguintes procedimentos metodológicos: na primeira etapa foram realizadas reuniões com dois gestores do DS sobre o projeto, bem como os requisitos não funcionais e funcionais do projeto para desenvolver a API. Na segunda etapa, iniciou-se o desenvolvimento da API tendo como base os requisitos funcionais fornecidos pelos gestores do DS, que foram coletados previamente por eles no processo de elicitação de requisitos e modelagem do projeto. Por fim, realizou-se um grupo de foco com dois gestores do DS para discutir e avaliar os requisitos não funcionais implementados durante a codificação da API.

### 4. Metodologia de desenvolvimento

A API foi desenvolvida utilizando a linguagem *javascript* com adição do *typescript*, que é um conjunto adicional de regras e tipagens. Foi utilizado também o ambiente de execução do *node.js*, atrelado ao *framework nest.js*. O *mongodb* foi utilizado como sistema de gerenciamento de banco de dados e o *swagger* forneceu o suporte para acesso a documentação da API.

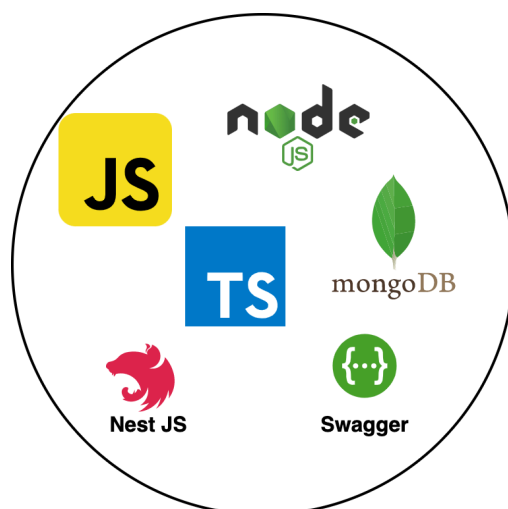
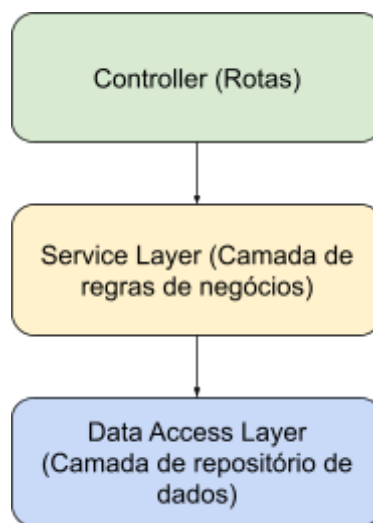


Figura 1. Conjunto de ferramentas utilizadas no desenvolvimento da API

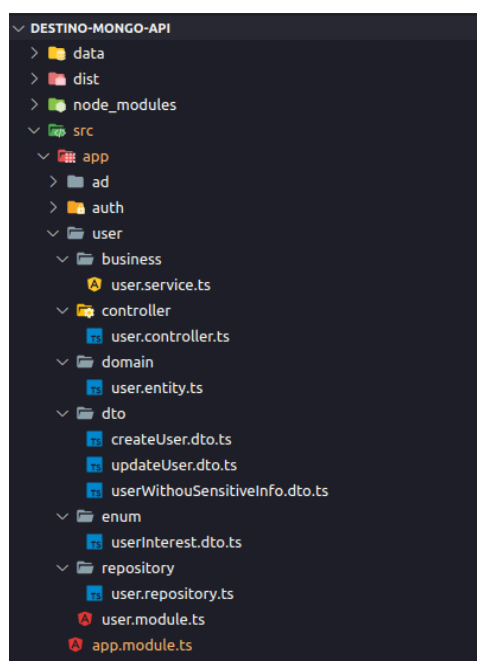
Em relação à arquitetura e organização de código, foi utilizado o padrão MVC como controle de fluxo da comunicação, é possível ver na Figura 2 o caminho que a informação percorre até chegar na camada de dados.

No *controller* são feitas validações iniciais de parâmetros de rotas, autenticação, autorização de acordo com os dados da requisição. A partir do momento em que a requisição é aceita pelo *controller*, os dados seguem para a *service layer*, lá são aplicadas as regras de negócio da aplicação, por fim, a própria camada de regras de negócios é a responsável por comunicar com a camada de dados (*data access layer*), dessa forma, a camada de dados deve ser isolada e acessada apenas pela camada de serviços.



**Figura 2. Representação do fluxo de comunicação da aplicação.**

Apesar de ser uma estrutura muito simples em comparação com outros padrões amplamente seguidos no mercado, ela possui um pé nos dois mundos, ela trás um certa robustez para a aplicação junto com a simplicidade que facilita o entendimento da lógica de comunicação entre as camadas.



**Figura 3. Organização de arquivos de acordo com a estrutura do nest.js.**

Na imagem 3 é possível visualizar a organização de pastas de um único módulo, de acordo com a arquitetura estabelecida junto com os padrões do *framework*, na imagem é facilmente distinguível os arquivos de *controller*, *business logic* e *repository*, respectivamente responsáveis pelas rotas, regras de negócio e acesso de dados.

## 5. Descrição do projeto de desenvolvimento

Nesta seção serão apresentados os requisitos funcionais (codificados como RF) e os requisitos não funcionais (codificados como RNF) que foram implementados durante a codificação da API. Esses requisitos foram apresentados em reuniões com dois gestores do DS.

A Tabela 1 apresenta a lista de requisitos funcionais, por meio de seus códigos e descrições. Em resumo, esses requisitos estão relacionados à criação de conta, autenticação, criação de anúncios e edições tanto dos dados da conta do usuário quanto do anúncios criado pelo mesmo.

**Tabela 1. Lista de Requisitos Funcionais**

Código	Descrição
RF001	O usuário deve fazer um cadastro para ter uma conta
RF002	O sistema deve pedir obrigatoriamente no momento do cadastro do usuário o nome, apelido, e-mail, telefone e senha.
RF003	Deve haver um campo para armazenar o interesse dos usuários ao se cadastrarem no sistema: Coletar materiais,

	Descartar materiais ou Ambos.
RF004	O sistema deve permitir a alteração de dados do usuário como senha, telefone e endereço.
RF005	O sistema deve permitir a autenticação do usuário utilizando email e senha ou apelido e senha.
RF006	Qualquer usuário cadastrado e logado poderá criar anúncios de pedidos ou ofertas de diferentes tipos de materiais.
RF007	O sistema deve permitir que o usuário modifique um anúncio criado por ele.
RF008	O sistema deve permitir que um anúncio seja atendido por um ou mais usuários.
RF009	O sistema deve permitir que um anúncio visualize todos os anúncios que ele criou e que está atendendo.

A Tabela 2 apresenta a lista de requisitos não funcionais, bem como seus códigos e descrição. Esses requisitos destacam as demandas de segurança, interoperabilidade e disponibilidade.

**Tabela 2. Lista de Requisitos Não Funcionais**

Código	Descrição
RNF001	Como usuário gostaria de acessar um ambiente seguro e protegido que mantenha a minha privacidade.
RNF002	Como usuário espero que a plataforma esteja sempre disponível e com um tempo de resposta aceitável.
RNF003	Como usuário gostaria de poder integrar a plataforma a outras aplicações baseando-me em uma documentação.

## 6. Resultados e Discussão

A partir dos requisitos não funcionais levantados no grupo de foco, realizou-se uma avaliação da aplicação por parte de dois dos gestores do DS, denominados como P1 e P2, que está listado na Tabela 3.

**Tabela 3: Relatos dos coordenadores**

Requisito	Relato
RNF001	P2: “este problema existe porque atualmente não temos voluntários atribuídos nesta área para o desenvolvimento de ferramentas que atendam às regras da Lei Geral de Proteção de Dados [...]”
RNF002	P1: “seguir padrões de arquiteturas é muito importante, pois buscamos deixar o código organizado e que atendam um alto desempenho em diversas plataformas, separada em módulos que atendam o desacoplamento.”
RNF003	P1: “A intenção que temos é que o DS tenha código aberto e documentado [...]”

Fonte: autoria própria (2022)

Após a codificação da API, realizou-se a segunda entrevista para discutir os resultados do desenvolvimento e verificar se atende as expectativas do projeto.

**Segurança:** a utilização de tokens na autenticação possibilita aumentar a segurança na transmissão de dados com o servidor. Assim, P1 disse indicou que “essa *tokenização* é importante porque permite um melhor controle do consumo de dados e níveis de acesso”.

Além de ser um padrão amplamente utilizado para adicionar uma camada de segurança na comunicação entre aplicações cliente-servidor, no que diz respeito a sites e aplicações web em geral, o token que transita na comunicação é essencial para identificar o usuário em questão e quaisquer aspectos relacionados ao mesmo, como por exemplo, controle de níveis acesso à recursos protegidos do sistema.

**Desempenho:** a utilização do *framework* nest.js para desenvolver o código permitiu dividi-lo em módulos a partir da arquitetura MVC. As informações ficam visíveis para outros desenvolvedores fazerem manutenções futuras. Logo, P1 disse “os padrões arquiteturais ajudam na escalabilidade. Os módulos são independentes e fáceis de serem separados para utilizar como serviços futuramente”.

É bastante assertivo o comentário feito por P1, pois o padrão de organização de código junto às opiniões inerentes ao *framework*, possibilitam a criação de um código amigável para novos desenvolvedores e facilita a separação em módulos, o que permite

a adoção de uma arquitetura de microsserviços no momento em que se fizer necessário. Além disso, a documentação do *nest.js* é muito rica quanto a detalhes e exemplos de implementações e a comunidade do framework é muito grande, quebrando barreiras de entradas para a contribuição de novos desenvolvedores no projeto.

**Compartilhamento e documentação de código:** O *swagger* facilita a aderência do projeto a uma abordagem de código aberto. Portanto, P2 afirma que “o Destino Sustentável tem como um dos seus principais objetivos fazer parte da comunidade de software livre.”

A adoção do *swagger* é muito assertiva, pois na medida em que uma aplicação cresce, documentação passa a ser uma necessidade muito grande, além disso, o *swagger* também serve como uma plataforma de testes, após configurar todos os parâmetros necessários de uma determinada rota, é possível testar o recurso desejado, substituindo facilmente ferramentas já estabelecidas no mercado como por exemplo o *postman*. Para uma aplicação que tem como um dos objetivos, a criação de uma plataforma aberta e facilmente integrável, não há como fugir da adoção de ferramentas de documentação.

## 7. Considerações Finais

Este trabalho apresentou os desafios que o DS enfrenta no tocante à segurança, desempenho e documentação de código, para interconectar os principais agentes da coleta e destinação sustentável de resíduos sólidos recicláveis e reutilizáveis. Como resultado, foi desenvolvida uma API que atendeu os requisitos não funcionais e no qual amplia a comunicação do DS com usuários emergentes.

Na próxima etapa de desenvolvimento do projeto, está incluso a evolução das ferramentas do DS, desenvolvendo uma nova aplicação front-end interconectando-a ao aplicativo móvel por meio da API proposta neste trabalho. Neste contexto, serão realizados testes de acessibilidade para melhorar a interação de usuários emergentes.

Desse modo, apesar dos requisitos funcionais serem validados por meio de testes unitários, é importante desenvolver uma aplicação que consuma os serviços da API e, assim, os requisitos funcionais sejam avaliados pelos usuários finais do sistema, bem como, testes com usuários para validar a qualidade dos requisitos não funcionais

## Referências

- CARRILHO, Keven. **Destino Sustentável: desenvolvimento e testes para implantação da aplicação em smartphones android**. 55 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia de Computação. Universidade Federal do Pará, Castanhal, 2021.
- JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. *Estudos avançados*, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.
- OLIVEIRA, Maria et al. Aplicação web para gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis. In: **Anais do X Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais**. SBC, 2019. p. 145-153.
- RODRIGUES, Ivete; BARBIERI, José Carlos. **A emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável**. *Revista de Administração Pública*, v. 42, n. 6, p. 1069-1094, 2008.
- G1 Pará (2019). "Belém é o estado que menos aproveita o lixo produzido para reciclagem, aponta estudo". <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2019/07/26/para-e-o-estado-que-menos-aproveit-a-o-lixo-produzido-para-a-reciclagem-aponta-estudo.ghtml>

## APÊNDICE A – Questionário de entrevista com gestores do Destino Sustentável

### Entrevista com a Staff do Destino Sustentável

**Objetivo:** O objetivo deste questionário é levantar informações iniciais sobre o projeto, tentar entender o contexto em que o DS se encaixa, suas ferramentas desenvolvidas, objetivos e seus planos para o futuro. Com base nas respostas, será possível ter uma visão acerca das principais dores do projeto, qual o entendimento o DS tem sobre os impactos desses problemas e quais as possíveis soluções para esses desafios.

#### QUESTIONÁRIO

1. O que é o Destino Sustentável?

---

---

---

2. Como o Destino Sustentável é dividido?

---

---

---

3. Aproximadamente quantas pessoas fazem parte do Destino Sustentável?

---

4. Quais ferramentas o Destino Sustentável possui que já foram desenvolvidas e que ainda estão em desenvolvimento?

---

---

---

5. Quais plataformas essas ferramentas atendem?

---

---

6. Quem o Destino Sustentável busca atender? Quais dos grupos indicados as ferramentas desenvolvidas atualmente atende?

---

---

---

7. Quais os principais desafios técnicos existentes atualmente que afetam o propósito do Destino Sustentável?

Responder para cada desafio:

- Por que este desafio existe?
- Existe alguma solução para o desafio?

- Vocês possuem ou planejaram alguma solução para este desafio?

---

---

---

---

---

---

---

---

**8. Vocês definiram prioridades para solução dos desafios citados? Se sim, qual?**

---

---

---