

Universidade Federal Fluminense  
Instituto de Computação  
Departamento de Ciência da Computação

Anderson Otaviano Meireles Junior  
Caio Henrique Velloso Paranhos

# **Módulo de geração, customização e assinatura digital de declarações acadêmicas para o SAPOS**

Niterói

2025

Anderson Otaviano Meireles Junior  
Caio Henrique Velloso Paranhos

## **Módulo de geração, customização e assinatura digital de declarações acadêmicas para o SAPOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido  
ao Departamento de Ciência da Computação  
da Universidade Federal Fluminense como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientadores:

Prof. Dr. João Felipe Nicolaci Pimentel  
Prof. Dr. Leonardo Gresta Paulino Murta

Niterói

2025

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

M479m    Meireles Junior, Anderson Otaviano  
            Módulo de geração, customização e assinatura digital de  
            declarações acadêmicas para o SAPOS / Anderson Otaviano  
            Meireles Junior, Caio Henrique Velloso Paranhos. - 2025.  
            66 f.: il.

            Orientador: João Felipe Nicolaci Pimentel.  
            Coorientador: Leonardo Gresta Paulino Murta.  
            Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)-Universidade  
            Federal Fluminense, Instituto de Computação, Niterói, 2025.

            1. Assinatura Digital. 2. Declarações Customizáveis. 3.  
            Gestão Acadêmica de Pós-Graduação. 4. SAPOS. 5.  
            Produção intelectual. I. Paranhos, Caio Henrique Velloso II.  
            Nicolaci Pimentel, João Felipe, orientador. III. Murta,  
            Leonardo Gresta Paulino, coorientador. IV. Universidade  
            Federal Fluminense. Instituto de Computação. V. Título.

CDD - XXX

Anderson Otaviano Meireles Junior  
Caio Henrique Velloso Paranhos

## **Módulo de geração, customização e assinatura digital de declarações acadêmicas para o SAPOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido  
ao Departamento de Ciência da Computação  
da Universidade Federal Fluminense como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado em 05 de Fevereiro de 2025:

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. Dr. João Felipe Nicolaci Pimentel**  
Orientador - UFF

---

**Prof. Dr. Leonardo Gresta Paulino  
Murta**  
Orientador - UFF

---

**Prof. Dr. Débora Christina Muchaluat  
Saade**  
UFF

---

**Prof. Dr. Simone de Lima Martins**  
UFF

Niterói  
2025

## Agradecimentos (Anderson Meireles)

Chegar até aqui foi uma jornada desafiadora e gratificante, e não poderia ter sido possível sem o apoio de pessoas tão especiais que fizeram toda a diferença ao longo dessa caminhada.

Primeiramente, quero agradecer à minha família. À minha mãe, Daniele Rangel Mendonça Meireles, e ao meu pai, Anderson Otaviano Meireles, por todo o amor, suporte e incentivo incondicional em cada etapa da minha vida. À minha irmã, Ana Carolina Mendonça Meireles Pelegrino, e ao seu esposo, Lucas Pelegrino Peixoto, pela constante torcida e apoio. E à minha sobrinha Maria Luísa, que, mesmo sem ter nascido ainda, já trouxe tanta alegria e renovou minhas energias nesse último semestre da graduação – mal posso esperar para conhecê-la!

Um agradecimento muito mais que especial à minha noiva, Thereza Christina de Almeida Monteiro Neto, que esteve ao meu lado desde o segundo semestre da graduação, me apoiando nos momentos de dúvida, celebrando cada conquista e sendo minha maior fonte de motivação. Sua presença foi essencial para que eu pudesse chegar - e para forma que cheguei - até aqui. Finalizamos juntos essa etapa e começaremos juntos todas as que virão pela frente.

Sou também profundamente grato aos professores da Universidade Federal Fluminense, que foram verdadeiros mestres e guias nesse processo. Agradeço especialmente ao professor João Felipe Nicolaci Pimentel e ao professor Leonardo Gresta Paulino Murta, que nos orientaram com excelência e dedicação, tornando este trabalho possível.

Quero também deixar meu agradecimento ao amigo, Caio Henrique Velloso Paranhos, por toda a dedicação e comprometimento ao longo do desenvolvimento do nosso trabalho. Juntos, conseguimos realizar algo incrível de maneira tranquila e harmônica, e não poderia ter pedido um melhor parceiro nessa jornada.

Agradeço também ao meu grande amigo Vitor Almeida de Souza, que começou essa trajetória comigo na faculdade e com quem construí uma parceria que se estendeu além da universidade e do trabalho. Que possamos continuar alcançando grandes coisas juntos!

Por fim, agradeço a todos os amigos, colegas, professores e demais pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a construção desse momento. Cada palavra de incentivo, cada ensinamento e cada gesto de apoio foi essencial para que eu pudesse concluir essa etapa tão significativa.

A todos vocês, meu mais sincero e profundo “muito obrigado”. Obrigado por fazerem parte dessa etapa tão importante da minha vida.

## Agradecimentos (Caio Paranhos)

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha gratidão à minha família, em especial à minha mãe, Valesca de Oliveira Velloso Paranhos, e ao meu pai, Carlos Henrique Paranhos da Silva, pelo imenso amor, dedicação e investimento em minha educação ao longo de toda a minha vida. O apoio incondicional que sempre me deram, assim como o incentivo para que eu buscasse meus sonhos, foi fundamental para que eu chegasse até aqui. Sou eternamente grato por tudo o que fizeram e ainda fazem por mim.

À minha noiva, Mylena Costa Leite, companheira de vida há 12 anos, meu agradecimento especial por estar ao meu lado em todos os momentos, compartilhando conquistas, desafios e aprendizados. Sua presença foi essencial para o meu crescimento pessoal e profissional, e não há dúvidas de que evoluir ao lado da pessoa certa torna tudo mais significativo.

Aos professores que contribuíram para minha formação, desde o ensino fundamental até o ensino superior, meu sincero reconhecimento. Em especial, agradeço aos professores João Felipe Nicolaci Pimentel e Leonardo Gresta Paulino Murta, que me acolheram como orientando e me guiaram com sabedoria e paciência durante a realização deste projeto. Suas orientações foram indispensáveis para que eu e o Anderson pudéssemos demonstrar todo o conhecimento adquirido ao longo desses anos.

Ao meu amigo Anderson Otaviano Meireles Junior, que aceitou participar deste projeto comigo e contribuiu de forma excepcional com seus conhecimentos técnicos. Tenho certeza de que, sem sua dedicação e expertise, este trabalho não teria sido concluído no tempo previsto. Também agradeço a todos os amigos que fiz durante a graduação, especialmente aos companheiros de estudo que compartilharam conhecimentos, experiências e momentos inesquecíveis. A jornada acadêmica certamente seria mais árdua sem o apoio e a amizade de cada um de vocês.

Aos meus amigos fora da universidade, que formam o melhor grupo que eu poderia desejar: Anna, Cadu, Gabriela, Jhean, João Paulo, João Pedro, Nathan, Mariana, Victoria e Vitória. Os momentos que passamos juntos, seja conversando, jogando ou apenas nos divertindo, foram essenciais para manter o equilíbrio e a serenidade em meio a um mundo tão desafiador. Cada encontro foi um lembrete de que a vida não se resume apenas à faculdade e ao trabalho, mas também às conexões genuínas e aos momentos de alegria que compartilhamos. Sou imensamente grato por cada risada, cada conversa e cada memória que construímos juntos. Vocês são, sem dúvida, um dos pilares que me sustentaram durante essa jornada.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão à Universidade Federal Fluminense, por proporcionar um ambiente acadêmico de excelência, com laboratórios bem equipados e uma estrutura que foi fundamental para minha formação como Cientista da Computação.

A UFF foi o palco onde pude desenvolver habilidades, conhecimentos e experiências que levarei para toda a vida.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até esta etapa, meu mais sincero obrigado. Este momento é o resultado de um esforço coletivo, e sou imensamente grato por cada apoio recebido.

# Resumo

O Sistema de Apoio à Pós-Graduação (SAPOS) foi desenvolvido para atender às demandas da coordenação dos cursos de Pós-Graduação do Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense (IC-UFF). Para suprir algumas necessidades dos principais usuários do SAPOS - secretaria e coordenação - foram implementadas novas funcionalidades. Entre elas, destacam-se o módulo de Declarações Customizáveis, que permite a elaboração de documentos personalizados de forma flexível, e a funcionalidade de assinatura digital via *QR Code*, que oferece maior segurança e praticidade na validação de documentos. Além disso, o sistema conta com um módulo de Declarações Externas, que permite a integração com documentos gerados por sistemas externos, ampliando a versatilidade do SAPOS. Outra funcionalidade relevante é o Autoatendimento para Alunos, que possibilita a emissão de documentos como boletins escolares e declarações de conclusão de curso de forma ágil e independente, sem a necessidade de intermediação da secretaria. Essas melhorias visam otimizar processos, reduzir a carga de trabalho da secretaria e proporcionar uma experiência mais eficiente para todos os usuários do sistema.

A implementação das novas funcionalidades trouxe resultados bastante positivos, com destaque especial para a assinatura digital via *QR Code*, que foi amplamente elogiada por todos os usuários que a utilizaram, sendo vista como uma solução extremamente útil e eficiente. As Declarações Externas e Customizáveis também receberam avaliações excelentes, com a maioria dos respondentes atribuindo notas altas em relação à praticidade e à utilidade dessas ferramentas. Essas novas funcionalidades contribuíram significativamente para otimizar o tempo na execução das atividades diárias dos usuários, além de ajudarem a reduzir erros humanos, mesmo que de forma parcial em alguns casos. De modo geral, as ferramentas implementadas mostraram um impacto relevante na eficiência operacional e na segurança do gerenciamento de documentos, reforçando a importância dessas inovações para o fluxo de trabalho.

**Palavras-chaves:** Assinatura Digital; *QR Code*; Declarações Customizáveis; Gestão Acadêmica de Pós-Graduação.



# Abstract

The Graduate Support System (SAPOS) was developed to meet the demands of the postgraduate course coordination at the Institute of Computing of the Federal Fluminense University (IC-UFF). To address some of the needs of SAPOS' main users - the secretariat and coordination - new features were implemented. Among them, the Customizable Declarations module stands out, allowing the creation of personalized documents in a flexible manner, and the digital signature feature via QR code, which provides greater security and convenience in document validation. Additionally, the system includes an External Declarations module, which enables integration with documents generated by external systems, enhancing the versatility of SAPOS. Another noteworthy feature is the Self-Service for Students, allowing the issuance of documents such as grade reports and course completion certificates quickly and independently, without requiring intervention from the administrative office. These enhancements aim to streamline processes, reduce the workload of the administrative office, and provide a more efficient experience for all system users.

The implementation of the new features delivered highly positive results, with special emphasis on the digital signature via QR Code, which was widely praised by all users who utilized it, being regarded as an extremely useful and efficient solution. The External and Customizable Declarations also received excellent feedback, with most respondents assigning high scores for the practicality and usefulness of these tools. These new features significantly contributed to optimizing the time required for users' daily activities, as well as helping to reduce human errors, even if only partially in some cases. Overall, the implemented tools demonstrated a relevant impact on operational efficiency and document management security, reinforcing the importance of these innovations for the workflow.

**Keywords:** Digital Signature; QR Code; Customizable Declarations; Graduate Academic Management.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Estrutura do <i>QR Code</i> Fonte: (Domino Printing, 2021) . . . . .	9
Figura 2 – Aba de Declarações do idUFF . . . . .	13
Figura 3 – Tela de validação de declaração do idUFF . . . . .	13
Figura 4 – Exemplo de declaração gerado pelo idUFF . . . . .	14
Figura 7 – Tela de validação de documento do SisPos . . . . .	15
Figura 5 – Exemplo de como gerar algumas declarações no SisPos . . . . .	15
Figura 6 – Exemplo de assinatura gerada em um documento no SisPos . . . . .	15
Figura 8 – Aba de documentos do SIGA . . . . .	16
Figura 9 – Exemplo de declaração gerado no SIGA . . . . .	17
Figura 10 – Tela de validação de documento do SIGA . . . . .	17
Figura 11 – Tela de assinatura eletrônica do govbr . . . . .	18
Figura 12 – Etapa 2 da assinatura eletrônica . . . . .	19
Figura 13 – Exemplo de documento assinado . . . . .	19
Figura 14 – Tela de validação de documento . . . . .	19
Figura 15 – Diagrama da estratégia de desenvolvimento adotada . . . . .	25
Figura 16 – Tela de configuração de relatórios no SAPOS . . . . .	26
Figura 17 – Histórico de uma pessoa fictícia gerado pelo SAPOS com assinatura via <i>QR Code</i> . . . . .	27
Figura 18 – Tela de documentos assinados via <i>QR Code</i> . . . . .	29
Figura 19 – Tela do SAPOS para alunos após a modificação do autoatendimento . .	35
Figura 20 – Mensagem de aviso quando não há dados suficientes para gerar a declaração	36
Figura 21 – Modelo entidade-relacionamento representando os módulos desenvolvidos.	37
Figura 22 – Tela de documentos assinados com um documento invalidado . . . . .	39
Figura 23 – Tela de documento inválido . . . . .	39
Figura 24 – Avaliação dos usuários quanto a funcionalidade de assinatura digital . .	43
Figura 25 – Avaliação dos usuários quanto a funcionalidade de declarações customi- záveis . . . . .	44
Figura 26 – Avaliação dos usuários quanto a funcionalidade de assinatura de decla- rações externas . . . . .	44
Figura 27 – Avaliação dos usuários quanto a impacto diário e otimização do tempo de execução de tarefas . . . . .	45
Figura 28 – Avaliação dos usuários quanto a redução de erros humanos . . . . .	45

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Análise de identificadores com diferentes tamanhos. Média de gerações calculada após 100 iterações. . . . .	29
--	----

# Lista de abreviaturas e siglas

DOC	<i>Documento</i>
DOCX	<i>Microsoft Word Open XML Document</i>
ODT	<i>OpenDocument Text</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
ERB	<i>Embedded Ruby</i>
ICP-Brasil	<i>Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira</i>
IC-UFF	<i>Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense</i>
NTi	<i>Núcleo de Tecnologia da UFF</i>
NCE	<i>Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PGC	<i>Programa de Pós-Graduação em Computação</i>
PPGEET	<i>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações</i>
QR	<i>Quick Response</i>
RSA	<i>Rivest-Shamir-Adleman</i>
DSA	<i>Digital Signature Algorithm</i>
SAPOS	<i>Sistema de Apoio à Pós-Graduação</i>
SGBD	<i>Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados</i>
SIGA	<i>Sistema Integrado de Gestão Acadêmica</i>
SisPos	<i>Sistema de Gestão da Pós-Graduação da Universidade Federal Fluminense</i>
TCC	<i>Trabalho de Conclusão de Curso</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>

UFF	<i>Universidade Federal Fluminense</i>
UFRJ	<i>Universidade Federal do Rio de Janeiro</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
UUID	<i>Universally unique identifier</i>
idUFF	<i>Sistema de Identificação Única da UFF</i>

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	Contextualização e Motivação	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Avaliação	3
1.4	Organização do Texto	3
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>4</b>
2.1	Introdução	4
2.2	Assinaturas Digitais	4
2.2.1	Verificação de documentos por criptografias	7
2.2.2	Verificação de documentos por <i>QR Code</i>	8
2.3	Declarações Acadêmicas Customizáveis	10
2.4	Trabalhos Relacionados	12
2.4.1	idUFF	12
2.4.2	SisPos	14
2.4.3	SIGA	16
2.4.4	gov.br	17
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO</b>	<b>21</b>
3.1	Introdução	21
3.2	Coleta de Requisitos	21
3.2.1	Requisitos Funcionais	22
3.2.2	Requisitos Não-Funcionais	23
3.2.2.1	Usabilidade	23
3.2.2.2	Confiabilidade e Segurança	23
3.3	Estratégias de Desenvolvimento	23
3.4	Abordagem	24
3.4.1	Módulo de Assinatura e <i>QR Code</i>	24
3.4.2	Módulo de Declarações Externas	30
3.4.3	Módulo de Declarações Customizáveis	31
3.4.4	Funcionalidade de Autoatendimento para Alunos	34
3.5	Considerações Finais	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>38</b>
4.1	Introdução	38
4.2	<i>Feedback</i> dos Usuários	38

4.3	Questionário de avaliação das funcionalidades . . . . .	41
5	CONCLUSÃO . . . . .	47
	REFERÊNCIAS . . . . .	49

# 1 Introdução

## 1.1 Contextualização e Motivação

O SAPOS, Sistema de Apoio à Pós-Graduação, foi desenvolvido pelo Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense com o objetivo de otimizar e centralizar a gestão dos dados acadêmicos nos cursos de pós-graduação. Sua trajetória é marcada por uma evolução constante, resultado de diversos trabalhos acadêmicos que ampliaram suas funcionalidades ao longo dos anos.

A primeira versão (FERREIRA; AMARO, 2013) do SAPOS foi apresentada em 2013, no TCC intitulado “SAPOS - Sistema de Apoio à Pós-Graduação”, que estabeleceu as bases fundamentais do sistema. No mesmo ano, a segunda versão (SCHETTINO, 2013) foi desenvolvida por meio do trabalho “Gestão de Disciplinas, Etapas e Credenciamentos no Sistema de Apoio à Pós-Graduação”, que expandiu as funcionalidades para incluir o gerenciamento de disciplinas, etapas e credenciamentos, tornando o sistema mais abrangente. Já em 2014, um novo marco (PIMENTEL; JUNIOR, 2014) na evolução do SAPOS foi alcançado com o TCC “Adição de Notificações ao Sistema de Apoio à Pós-Graduação”, que introduziu o módulo de notificações, permitindo o envio de mensagens personalizáveis e consolidando a versatilidade do sistema. Em 2016, o trabalho (SANTOS, 2016) intitulado “SAPOS: Criação do Controle de Editais de Seleção e Inscrições Online no Sistema de Apoio à Pós-Graduação” trouxe uma nova contribuição ao sistema, adicionando funcionalidades para o controle de editais de seleção e inscrições online, ampliando ainda mais as capacidades do SAPOS.

Com base nesses avanços, o SAPOS tornou-se uma ferramenta essencial na administração de processos acadêmicos cruciais, como matrículas, orientações, concessão de bolsas, gestão de disciplinas e credenciamentos. Projetado como uma plataforma automatizada, o sistema não apenas aprimora a eficiência na organização das informações acadêmicas, mas também garante atributos indispensáveis para uma gestão confiável e sustentável: integridade, consistência e durabilidade dos dados.

O SAPOS opera por meio de perfis de usuário, cada um com níveis específicos de permissão que definem as ações permitidas dentro do sistema. Entre os perfis estão os de administrador, aluno, coordenação, secretaria, professor e suporte. Com o uso cotidiano do SAPOS, novas demandas surgiram para expandir suas funcionalidades, como a implementação de declarações adicionais, a possibilidade de o aluno gerar declarações de próprio interesse (como o histórico escolar) e a incorporação de assinaturas digitais para garantir a autenticidade dos documentos emitidos.



No contexto das declarações acadêmicas, o processo atual exige que o secretário elabore a declaração, a envie ao coordenador para assinatura e, em seguida, a repasse ao aluno. Esse fluxo envolve várias etapas, consome tempo, sobrecarrega a equipe e pode comprometer a integridade dos dados devido ao manuseio manual. A introdução da assinatura digital simplifica bastante esse processo, tornando-o mais ágil, eficiente e menos propenso a erros. Além disso, uma outra limitação do sistema atual é que os alunos não conseguem gerar documentos como histórico escolar e boletim diretamente, o que os força a depender da secretaria para obter esses registros.

## 1.2 Objetivos

Como o SAPOS é um sistema *open source* mantido por discentes e docentes da Universidade Federal Fluminense, a implementação de novas funcionalidades pode ser um processo demorado. Este projeto de final de curso foi desenvolvido para atender a algumas das necessidades mais urgentes dos usuários, focando na criação de um sistema de declarações customizáveis para a Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Computação da UFF.

As novas funcionalidades têm como objetivo permitir que os usuários desenvolvessem *templates* customizados para as declarações, automatizando a inserção de dados diretamente do banco de dados, o que torna o processo mais rápido e eficiente. Além disso, a implementação de um mecanismo de assinatura digital por meio de *QR Code*, assegura a autenticidade dos documentos gerados, facilita sua verificação e controle, e reduz significativamente o trabalho manual, acelerando o fluxo que atualmente envolve diversas etapas e pessoas.

As principais contribuições são:

1. Geração de documentos com *QR Code*: Tecnologia de assinatura digital para validar automaticamente os documentos emitidos. O *QR Code* permite a verificação da autenticidade de cada declaração, atribuindo-lhe a validade de uma assinatura eletrônica ([United States Congress, 2000](#)). A ideia é que qualquer declaração gerada pelo SAPOS e declarações externas possam ser assinadas digitalmente através do sistema.
2. Declarações externas: Funcionalidade que possibilita a criação de documentos em PDF com conteúdo fixo, determinado pelo usuário no momento da criação. Esses documentos são integrados ao mecanismo de assinatura digital com *QR Code*.
3. Declarações customizáveis: uma ferramenta flexível que possibilita a geração de diferentes tipos de declarações conforme as necessidades institucionais, utilizando a infraestrutura do SAPOS.

4. Autoatendimento para alunos: permite que alunos cadastrados no sistema gerem suas declarações escolares de forma independente, dispensando a intervenção da secretaria nas declarações mais frequentes.

## 1.3 Avaliação

Para se certificar de que o trabalho feito nesse projeto se mostrou de alguma maneira útil para os usuários do SAPOS, foram realizados testes contínuos durante o desenvolvimento do sistema, além da análise de seu impacto na operação diária da secretaria. Além disso, para fazer uma avaliação mais qualitativa, foi coletado o *feedback* dos usuários da secretaria que utilizaram o sistema para gerar documentos através de entrevistas e formulários. A avaliação final confirmou que as novas funcionalidades implementadas foram bem recebidas, com destaque para a assinatura digital via *QR Code*, considerada muito útil por quem a utilizou. As Declarações Customizáveis e Externas também obtiveram avaliações positivas, mostrando impacto significativo na eficiência do trabalho diário.

É importante destacar que a funcionalidade de Autoatendimento para Alunos não foi avaliada formalmente por dois motivos principais: primeiro, o autoatendimento é uma funcionalidade de natureza operacional, caracterizada por sua simplicidade e ausência de subjetividade no uso; e segundo, devido a uma limitação no sistema ao representar dados históricos que foram alterados, mas que já está sendo implementada.

## 1.4 Organização do Texto

Este trabalho está organizado em 5 capítulos. O [Capítulo 2](#) traz a fundamentação teórica essencial para a implementação das funcionalidades do projeto. O [Capítulo 3](#) aborda a metodologia de desenvolvimento, explicando as atividades realizadas, e a abordagem de desenvolvimento, descrevendo como as tarefas foram executadas. Por fim, o [Capítulo 4](#) apresenta os resultados obtidos, e o trabalho é concluído no [Capítulo 5](#).

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Introdução

A implementação de novas funcionalidades em sistemas de gestão acadêmica, como o Sistema de Apoio à Pós-Graduação (SAPOS), exige uma base teórica robusta para assegurar que as soluções propostas sejam eficazes, seguras e atendam às necessidades dos usuários. O presente projeto tem como objetivo integrar tecnologias em um módulo de declarações customizáveis com suporte a assinatura digital via *QR Code* para o SAPOS.

Desta forma, este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que sustentaram o desenvolvimento das principais funcionalidades discutidas neste trabalho. Primeiramente, são abordados os conceitos relacionados a Assinaturas Digitais, incluindo os diferentes tipos de assinatura digital, as técnicas de criptografia empregadas e a alternativa inovadora de validação de documentos por meio de *QR Codes*. Em seguida, trata-se da Customização de Documentos, com ênfase na utilização de consultas SQL para a geração dinâmica e flexível de documentos customizáveis. Por último, são apresentados Trabalhos Relacionados, que investigam soluções e abordagens semelhantes adotadas em contextos semelhantes, possibilitando uma análise comparativa e a identificação de boas práticas.

Com isso, busca-se não só atender às necessidades imediatas da secretaria do Programa de Pós-Graduação em Computação da UFF, mas também estabelecer um modelo que pode ser replicado por outras secretarias e instituições que utilizam o SAPOS, promovendo eficiência, segurança e personalização na gestão documental.

### 2.2 Assinaturas Digitais

Com a crescente digitalização dos processos administrativos e acadêmicos, a busca por soluções tecnológicas que assegurem a autenticidade, a eficiência e a personalização na emissão de documentos se tornou uma prioridade. Isso é especialmente relevante para instituições de ensino superior, como os programas de pós-graduação, onde a emissão de declarações e relatórios é uma atividade diária que requer ferramentas eficazes para diminuir o tempo de processamento, reduzir erros e garantir a confiabilidade dos documentos emitidos.

A utilização de assinaturas digitais e a verificação de documentos por meio de *QR Code* têm-se mostrado soluções promissoras para atender a essas demandas. As assinaturas digitais são amplamente reconhecidas por sua capacidade de garantir a autenticidade e a integridade dos documentos, utilizando métodos criptográficos que vinculam a assinatura

a um remetente específico e protegem contra alterações não autorizadas (IMAM et al., 2021). Por outro lado, o uso de *QR Codes* para a verificação de documentos aumenta a acessibilidade e a praticidade do processo, permitindo que os usuários validem rapidamente a legitimidade de um documento ao escanear o código com dispositivos móveis (WALIDANY; YULIANA; DARWITO, 2023).

De acordo com o padrão ISO 7498-2:1989 (International Organization for Standardization, 1989), uma assinatura digital é definida como: “Dados anexados ou uma transformação criptográfica de uma unidade de dados que permite ao destinatário comprovar a origem e a integridade dessa unidade, além de protegê-la contra falsificação, por exemplo, pelo próprio destinatário”.

Especificamente, a assinatura digital é uma sequência alfanumérica gerada pelo processamento do texto transmitido por meio de uma função *hash*. Esse mecanismo permite verificar a origem do texto e assegurar que ele não sofreu alterações durante a transmissão. Utilizando tecnologia criptográfica, a assinatura digital oferece um nível de segurança superior ao da assinatura manuscrita, pois sua eficácia está diretamente relacionada à robustez do sistema criptográfico empregado (ZHANG, 2010). De maneira mais técnica, uma assinatura digital pode ser entendida como um *checksum* criptográfico que inclui uma dependência temporal, refletindo o momento em que foi gerada. Ela é calculada com base em todos os bits da mensagem transmitida, utilizando uma chave secreta para garantir sua autenticidade. No entanto, a verificação da assinatura digital pode ser realizada por terceiros sem a necessidade de conhecer a chave secreta, assegurando tanto a integridade da mensagem quanto sua origem (CHENG, 2009).

O conceito de assinatura digital, como o conhecemos atualmente, é fruto de uma evolução gradual ao longo dos anos, marcada por diversos avanços tecnológicos e teóricos. Em 1976, Whitfield Diffie e Martin Hellman (DIFFIE; HELLMAN, 1976) propuseram pela primeira vez a ideia de um esquema de assinatura digital. Embora fosse uma proposta teórica, ela abriu caminho para o desenvolvimento prático dessa tecnologia. No ano seguinte, em 1977, Ronald Rivest, Adi Shamir e Len Adleman (RIVEST; SHAMIR; ADLEMAN, 1978) criaram o algoritmo RSA, que possibilitou a produção de uma forma primitiva de assinatura digital, marcando o início de sua aplicação prática.

Em 1988, o *software Lotus Notes 1.0* se tornou o primeiro a ser amplamente comercializado com a implementação de assinaturas digitais, utilizando o algoritmo RSA como base. Anos depois, em 1999, o formato PDF passou a incluir a capacidade de adicionar assinaturas digitais, ampliando significativamente seu uso em documentos eletrônicos. Finalmente, em 2008, o PDF foi formalizado como um padrão aberto pela Organização Internacional de Padronização (ISO) sob a norma ISO 32000, consolidando as assinaturas digitais como uma funcionalidade essencial e integrada ao formato.

A evolução dessa tecnologia também moldou sua adoção em diferentes países,

incluindo o Brasil. No contexto brasileiro, a legislação vigente divide as assinaturas eletrônicas em três categorias principais ([Presidência da República do Brasil, 2020](#)): assinatura eletrônica simples, avançada e qualificada.

A **assinatura eletrônica simples** é eficaz para identificar a autoria, mas não oferece os mesmos níveis de segurança em termos de integridade e irretratabilidade que as outras categorias. Ela possibilita a identificação do signatário e associa ou anexa dados ao documento eletrônico do signatário.

A **assinatura eletrônica avançada**, por sua vez, se destaca por reforçar a integridade e a autenticidade dos documentos, sendo amplamente aceita pelas partes envolvidas em contextos específicos. Essa categoria está unicamente ligada ao signatário, utiliza dados para a criação da assinatura sob controle exclusivo do signatário e é capaz de detectar qualquer alteração nos dados associados.

Por fim, a **assinatura eletrônica qualificada** é a categoria mais segura, oferecendo integridade, autenticidade e irretratabilidade com o mais alto nível de confiança. Ela utiliza certificados digitais emitidos pela Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil), garantindo uma infraestrutura robusta que sustenta sua segurança e confiabilidade.

Uma diferença fundamental entre assinaturas manuscritas e digitais é que uma assinatura digital não pode ser constante; ela precisa ser gerada como uma função específica do documento que está sendo assinado. Caso contrário, a assinatura poderia ser indevidamente associada a qualquer outro documento. Além disso, a assinatura digital deve depender de todos os bits do documento, de modo que a alteração de até mesmo um único bit resulte em uma assinatura completamente diferente ([CHENG, 2009](#)).

As assinaturas digitais podem ser utilizadas em dois contextos principais ([AL-REHILY et al., 2015](#)). O primeiro é o **esquema de assinatura digital direta**, onde o remetente assina e envia a mensagem diretamente ao destinatário, que pode verificar sua autenticidade. O segundo é o **esquema de assinatura digital arbitrada**, em que uma terceira parte confiável verifica a assinatura antes de repassá-la ao destinatário, garantindo maior segurança em casos que exigem validação intermediária.

Independente do cenário, é importante destacar que a assinatura digital é uma ferramenta essencial para garantir a segurança e a confiabilidade de documentos eletrônicos. Sua validade está atrelada a três características principais:

- **Integridade:** Assegura que o documento não pode ser alterado após a assinatura, pois qualquer modificação invalidaria a assinatura. Essa característica está presente em assinaturas eletrônicas avançadas e qualificadas, que são projetadas para detectar alterações nos dados associados.
- **Autenticidade:** Garante que apenas o autor, utilizando sua chave privada, consegue

assinar o documento digital. Isso estabelece que o signatário é, de fato, quem afirma ser. Essa propriedade é particularmente forte em assinaturas eletrônicas qualificadas, que utilizam certificados digitais emitidos por autoridades reconhecidas.

- **Irretratabilidade:** Assegura que, uma vez assinado, o autor não pode negar a autoria da assinatura. Essa característica é fortalecida em assinaturas qualificadas e avançadas, que vinculam de forma única o signatário aos dados assinados.

### 2.2.1 Verificação de documentos por criptografias

Quando se fala de algoritmos de assinatura digital, pode-se dizer que estes autenticam a integridade dos dados e a identidade do signatário, garantindo que o documento permaneça inalterado e sua origem seja verificável. As assinaturas digitais podem ser implementadas com chaves simétricas ou assimétricas (AUFA; ENDROYONO; AFFANDI, 2018).

No modelo simétrico, a mesma chave é usada para criptografar e descriptografar a mensagem, sendo eficiente, mas com desafios de segurança devido ao compartilhamento da chave. Já o modelo assimétrico utiliza um par de chaves, pública e privada, sendo mais seguro, pois a chave pública pode ser compartilhada, enquanto a privada permanece secreta, garantindo a confidencialidade e autenticidade. Esse modelo é ideal para ambientes não confiáveis.

A criptografia simétrica é mais rápida, mas exige um compartilhamento seguro da chave. A assimétrica, embora mais segura, é mais lenta devido à complexidade dos cálculos. Exemplos de algoritmos simétricos incluem DES, 3DES, AES e Blowfish. Já os assimétricos incluem Curvas Elípticas, Diffie-Hellman, RSA e DSA (YASSEIN et al., 2017).

Os algoritmos mais utilizados para assinaturas digitais incluem o RSA e DSA (assimétricos) (AUFA; ENDROYONO; AFFANDI, 2018). Abaixo, está uma descrição resumida do funcionamento deles:

- **RSA (*Rivest-Shamir-Adleman*):** O algoritmo RSA é amplamente utilizado para assinaturas digitais e autenticação. Ele se baseia na dificuldade de fatorar números inteiros grandes, o que garante a segurança do sistema. O processo de assinatura digital no RSA consiste em três etapas principais:
  1. **Geração de Chaves:** Um par de chaves é criado, onde a chave privada é usada para assinar digitalmente uma mensagem, e a chave pública é usada para verificar essa assinatura. A segurança do RSA está na complexidade de fatorar o produto de dois grandes números primos usados na geração dessas chaves.

2. Assinatura Digital: O remetente utiliza sua chave privada para assinar a mensagem. Esse processo gera um valor único (assinatura digital) associado à mensagem original. A assinatura permite que qualquer pessoa com acesso à chave pública do remetente possa verificar sua autenticidade.
3. Verificação: O destinatário (ou qualquer terceiro) utiliza a chave pública do remetente para verificar a assinatura digital. Se a verificação for bem-sucedida, isso comprova que a mensagem foi realmente assinada pelo remetente e não foi alterada durante a transmissão.

O RSA continua sendo um dos métodos mais confiáveis para autenticação e não repúdio, sendo amplamente utilizado em transações financeiras, certificados digitais e documentos eletrônicos.

- **DSA (*Digital Signature Algorithm*)**: Esse algoritmo é um padrão amplamente utilizado para assinaturas digitais, com segurança baseada na dificuldade do Problema do Logaritmo Discreto (DLP). Ele consiste em três etapas principais: Geração de Chaves, Assinatura e Verificação.

1. Geração de Chaves DSA: A chave privada é gerada aleatoriamente e mantida em segredo, enquanto a chave pública é derivada e pode ser compartilhada. A chave pública é usada na verificação da assinatura, enquanto a chave privada é utilizada para assiná-la.
2. Assinatura: O DSA utiliza uma função *hash* unidirecional para gerar um valor fixo da mensagem, garantindo que a assinatura digital seja exclusiva para o conteúdo da mensagem. A função *hash* também ajuda a reduzir o impacto de mensagens de tamanho variável, transformando-as em uma representação fixa.
3. Verificação: O verificador utiliza a chave pública para validar a assinatura. O logaritmo discreto e a inversão modular garantem que a verificação seja segura.

### 2.2.2 Verificação de documentos por *QR Code*

Embora as assinaturas digitais tradicionais, que utilizam algoritmos como RSA e DSA, ofereçam um alto nível de segurança e integridade, elas podem ser acompanhadas de processos burocráticos que dificultam a agilidade e a praticidade. Atualmente, o procedimento seguido envolve o certificado emitido pelo ICPEdu (serviço de certificação digital oferecido pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa - RNP). O fluxo é o seguinte: (1) a secretaria prepara a declaração e a envia para a coordenação; (2) a coordenação assina digitalmente com o certificado ICPEdu e devolve o documento à secretaria; e (3) a secretaria entrega o documento ao interessado. Para verificar a assinatura, o interessado deve acessar a plataforma ICPEdu e fazer o *upload* do arquivo.

Apesar de ser seguro, esse processo é burocrático e depende de várias etapas manuais, o que pode ser um entrave em situações que exigem maior agilidade. Nesse cenário, o uso de *QR Codes* se apresenta como uma solução mais prática e acessível, eliminando a necessidade de múltiplos intermediários. Com um simples escaneamento, o interessado pode validar a autenticidade e a integridade do documento em tempo real, reduzindo significativamente o esforço tanto de quem assina quanto de quem recebe o documento.

Justamente por serem pouco burocráticos, os *QR Codes*, acrônimo para *Quick Response* ou *QR Code*, são uma boa alternativa para a validação de documentos. Devido à sua praticidade e versatilidade, são capazes de ser lidos rapidamente por qualquer *smartphone*, permitindo extrair informações de uma mídia temporária e transferi-las para o dispositivo móvel. Essas informações podem incluir URLs, coordenadas geográficas, textos e outros dados relevantes (TKACHENKO et al., 2016).

Uma das principais vantagens dos *QR Codes* em relação aos códigos de barras tradicionais é a capacidade de armazenar uma quantidade significativamente maior de informações em um espaço compacto. Além disso, não exigem *scanners* de *hardware* especializados, podendo ser facilmente lidos por aplicativos compatíveis disponíveis em dispositivos móveis.

## Código QR



Figura 1 – Estrutura do *QR Code* Fonte: (Domino Printing, 2021)

A popularidade dos *QR Codes* está associada a características específicas, como sua alta capacidade de armazenamento, resistência a distorções geométricas e mecanismos de correção de erros que garantem a leitura mesmo em condições adversas. Além disso, eles são dinâmicos e de fácil leitura, mas difíceis de manipular sem as ferramentas apropriadas (MALIK; JOSHI, 2018).

Além das utilizações básicas, os *QR Codes* podem ser aplicados para verificar a autenticidade de documentos. Nesse contexto, o *QR Code* armazena informações que



possibilitam validar o documento original, assegurando que ele não foi alterado ou falsificado (TKACHENKO et al., 2016).

Ao incluir dados criptografados ou *links* para servidores seguros no *QR Code*, é possível implementar um sistema de verificação confiável. Por exemplo, ao escanear o *QR Code*, o usuário pode ser direcionado para uma plataforma oficial que confirma a integridade e a validade do documento. Além disso, esse mecanismo se alinha à definição de assinatura eletrônica avançada conforme a legislação vigente, uma vez que está unicamente vinculado ao signatário, utiliza dados sob seu controle exclusivo e permite a detecção de qualquer alteração no documento assinado. Esse processo não só garante a autenticidade, mas também simplifica auditorias e reduz o risco de fraudes em documentos eletrônicos ou físicos.

## 2.3 Declarações Acadêmicas Customizáveis

A demanda por declarações customizadas reflete uma crescente necessidade de flexibilidade nas ferramentas administrativas, permitindo que cada instituição ou departamento ajuste os documentos às suas particularidades. Sistemas personalizáveis não apenas aceleram a criação de documentos frequentemente requisitados, mas também asseguram que novas exigências possam ser integradas sem a necessidade de desenvolvimento técnico adicional, aumentando a autonomia dos usuários (KINDAKLI, 2015).

Nesse contexto, a customização de documentos é um conceito amplamente utilizado em diversas áreas, permitindo que informações sejam dinamicamente inseridas em modelos predefinidos. Esse tipo de customização tem sido explorado por empresas e desenvolvedores, principalmente no contexto de geração automática de relatórios e declarações. Ferramentas como o Microsoft Word, quando integradas com bancos de dados, possibilitam a customização de documentos com dados extraídos diretamente de consultas SQL (MICROSOFT, 2023).

De acordo com a Microsoft, é possível preencher documentos do Word com informações provenientes de um banco de dados usando o Visual Studio e suas extensões. A técnica, que utiliza o conceito de “mala direta” e fontes de dados dinâmicas, permite que variáveis específicas em um modelo de documento sejam substituídas por dados provenientes de uma consulta SQL. Essa abordagem não só facilita a customização de relatórios e cartas, mas também oferece flexibilidade para adaptar o conteúdo com base nas necessidades do usuário, sem a necessidade de edição manual de cada documento (MICROSOFT, 2024).

Essa estratégia de personalização, com foco na integração entre SQL e documentos, é a base de uma das funcionalidades propostas neste trabalho. Em um contexto acadêmico, permite a criação de declarações customizáveis, onde o texto, previamente definido pelo usuário, pode ser automaticamente preenchido com informações retiradas de um banco de

dados, com base em uma consulta SQL. Essa solução, em sistemas acadêmicos, permite que usuários definam modelos de texto com variáveis dinâmicas, associando-os a consultas SQL que alimentam as variáveis com dados extraídos diretamente do banco de dados. Esse mecanismo automatiza a criação de documentos, reduzindo esforços manuais e minimizando erros.

A funcionalidade é composta por três etapas principais:

Na primeira etapa, define-se o modelo de documento. O usuário cria um texto base que utiliza variáveis delimitadas por marcadores específicos, como nome ou curso. Esse texto base funciona como um *template* que será utilizado para gerar os documentos customizáveis.

Na segunda etapa, realiza-se a configuração da consulta SQL. Uma consulta SQL é elaborada para retornar as informações necessárias para preencher as variáveis do modelo. Por exemplo, a consulta pode fornecer os nomes dos alunos e seus respectivos cursos em um determinado período, conforme as necessidades do documento.

Por fim, na etapa de processamento e substituição, o sistema executa a consulta SQL, captura os dados e substitui as variáveis no texto base. O resultado é um documento finalizado, formatado e pronto para uso, atendendo às especificações definidas pelo usuário.

As vantagens no ambiente acadêmico incluem, em primeiro lugar, a flexibilidade, que permite atender a diversas demandas específicas de documentos customizáveis. Exemplos disso são declarações de relatório de disciplinas para alunos avulsos, declarações de participação de membros de banca, geração de atas de defesa e qualquer outro tipo de declaração que o usuário queira criar que seja baseada em dados previamente cadastrados. Além disso, a automação se destaca como uma grande vantagem, pois elimina a necessidade de redigir manualmente documentos repetitivos, tornando os processos administrativos mais ágeis. A confiabilidade também é uma vantagem importante, já que a integração direta com o banco de dados assegura a precisão das informações preenchidas, evitando inconsistências. Por último, a escalabilidade possibilita atender a um grande volume de solicitações com um esforço mínimo, tornando-a adequada para diferentes cenários institucionais.

Existem desafios e limitações associados ao uso do sistema. Criar *templates* robustos pode ser complicado, pois exige que os usuários compreendam os dados disponíveis e definam variáveis adequadas para cada tipo de documento. Além disso, a complexidade das consultas SQL pode ser um obstáculo, especialmente quando envolvem várias tabelas ou requerem lógica avançada, o que pode necessitar de suporte técnico ou treinamento específico.

Outro desafio está relacionado à segurança, já que os usuários escrevem consultas SQL diretamente. Para mitigar riscos, é fundamental garantir que essas consultas não

causem efeitos colaterais no banco de dados. Para isso, as consultas podem ser executadas com um usuário do SGBD que possui apenas permissões de leitura.

## 2.4 Trabalhos Relacionados

A assinatura digital tem-se consolidado como uma tecnologia crucial para garantir a autenticidade, integridade e irretratabilidade de documentos eletrônicos. Diversos sistemas, de diferentes setores, têm adotado essa tecnologia para validar e proteger transações e documentos. Além disso, com o avanço da automação e personalização de processos, a criação de documentos customizáveis também tem ganho relevância, permitindo que os usuários personalizem e gerem documentos dinâmicos com base em informações específicas.

No contexto acadêmico, diversos sistemas bem estruturados e desenvolvidos têm sido implementados com o objetivo de facilitar as atividades de gestão e operações acadêmicas. Esta seção descreve quatro sistemas relevantes: (i) o SisPos, Sistema de Gestão da Pós-Graduação da Universidade Federal Fluminense (UFF), (ii) o idUFF, Sistema de Identificação Única da UFF, ambos desenvolvidos pelo antigo Núcleo de Tecnologia da UFF (NTi), atualmente conhecido como Superintendência de Tecnologia da Informação (STi); (iii) o SIGA, Sistema Integrado de Gestão Acadêmica, desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ (NCE) e amplamente utilizado por universidades e instituições de ensino superior em todo o Brasil; e, por fim, (iv) o gov.br, portal criado pelo governo federal do Brasil para centralizar e facilitar o acesso de cidadãos e empresas a serviços públicos digitais, incluindo o sistema de assinatura digital.

### 2.4.1 idUFF

O idUFF é um sistema de gerenciamento de dados acadêmicos projetado para atender alunos, ex-alunos, professores e funcionários administrativos da Universidade Federal Fluminense. Embora seja amplamente utilizado por estudantes de graduação, também está disponível para alunos de pós-graduação. Entre as várias funcionalidades do sistema, a que mais se relaciona com este projeto é a aba de Declarações.

Nessa aba, é possível gerar três tipos de declarações padrão, conforme mostrado na Figura 2: Regularidade de Matrícula, Pontuação no Vestibular e Ação Afirmativa no Vestibular. Além disso, há declarações que são criadas especificamente para cada aluno, sendo exibidas na seção Declarações Geradas.

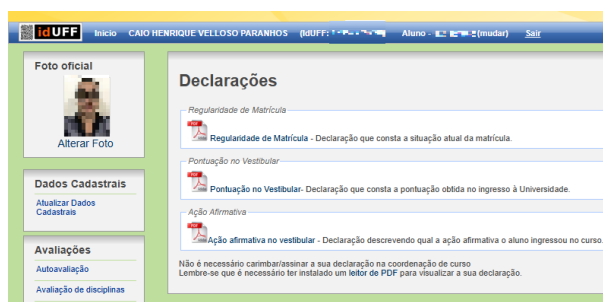


Figura 2 – Aba de Declarações do idUFF

Embora essas declarações não possam ser customizadas, sua lógica é semelhante à proposta deste projeto: as informações de login do aluno são recuperadas do banco de dados e inseridas em um texto padrão.



Figura 3 – Tela de validação de declaração do idUFF

Todas as declarações geradas pelo sistema são assinadas digitalmente com uma chave de 16 dígitos, o que permite a verificação de autenticidade em outra tela do sistema, como demonstrado nas Figuras 3 e 4. Esse mecanismo de assinatura reforça a integridade e a autenticidade dos documentos, destacando uma abordagem de segurança que atende às necessidades acadêmicas.

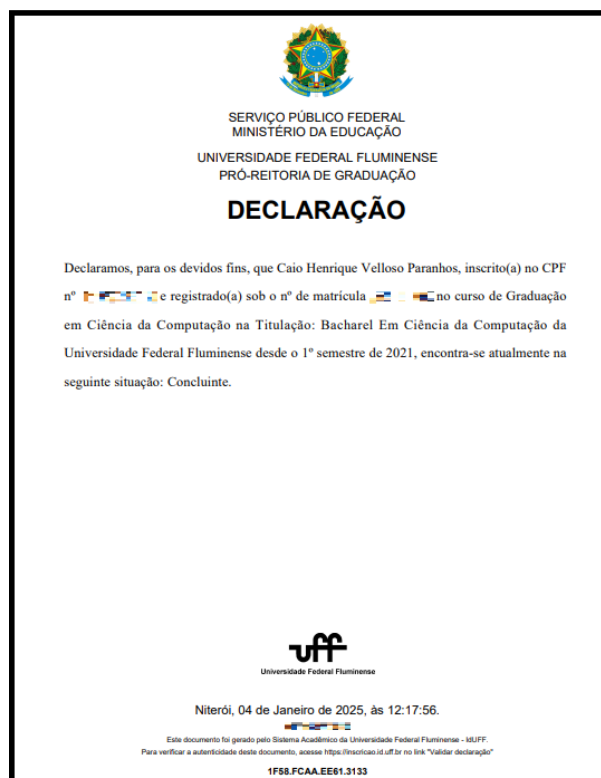


Figura 4 – Exemplo de declaração gerado pelo idUFF

### 2.4.2 SisPos

O SisPos foi criado para atender às necessidades que não eram cobertas pelo idUFF, proporcionando aos funcionários da coordenação ferramentas para gerenciar alunos de Pós-Graduação. Entre as principais funcionalidades, a que mais se destaca em relação a esse projeto é a geração e validação de declarações.

Diferentemente do idUFF, o SisPos permite a geração de declarações de forma dinâmica. Em vez de disponibilizar uma tela exclusiva para essa finalidade, o sistema possibilita que o usuário emita documentos diretamente durante sua utilização. Por exemplo, se o secretário deseja gerar o diário de uma turma ou o boletim de um aluno, ele pode acessar a turma correspondente e selecionar dinamicamente as declarações que deseja emitir, como ilustrado na Figura 5.

*Observação: Todos os documentos apresentados nesta seção foram gerados em um ambiente de testes, utilizando dados fictícios.*

Figura 7 – Tela de validação de documento do SisPos

Professores da Turma:

Exibir 25 registros por página

Buscar:

Matrícula	Nome	Tip	Cargo	Horário	No Classroom?	UFFmail
990789	MÔNICA SOUZA DA SILVA DAVIS	TITULAR	0	08M		monica@uff.br

Exibindo 1 a 1 de 1 registros

Alunos da Turma - Total Inscritos: 10

Exibir 25 registros por página

Gerar Diário (PDF) Gerar Diário (DOCX) Inserir alunos na Turma

Buscar:

Matrícula	Nome	Tip	Curso	Situação	No Classroom?	UFFmail	Ações
L038.123.001	ALINE ALVES DA SILVA	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	alinealves@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.001	CAIO REYNE DE CARVALHO VIMHANS	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	caio@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.004	LARISSA EUGENIA BEZERRA GAMBONI	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	lgamboni@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.005	LETICIA RAFAELA DE SOUZA PARRO	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	leticia@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.006	PEDRO HUMBERTO DA COSTA REZENDE	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	pedrohumberto@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.007	RAFAEL PIMENTEL REIS	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	rafael@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.008	THAMILYS VAZQUEZ ELIAS PEREIRA	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	thamylis@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.011	JULIO CESAR COELHO	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	julio@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.012	MARCELO ALVES DE OLIVEIRA	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	marcelo@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom
L038.124.013	TÁRIEN THALES BATISTA GALVÃO	Aluno de Especialização	ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA	INSCRITO	NÃO	tarien@uff.br	Boletim do Aluno Inserir aluno no Classroom

Exibindo 1 a 10 de 10 registros

Primeira página Anterior 1 Próximo Última página

Voltar

Figura 5 – Exemplo de como gerar algumas declarações no SisPos

Além disso, as declarações que, por definição, precisam de algum tipo de validação, incluem um *QR Code* com um código de identificação único (Figura 6). Esse código pode ser validado em outra parte do sistema, como mostrado na Figura 7.

Para verificar a autenticidade deste documento, acesse [https://app.uff.br/sispos/acessoaluno/validar\\_declaracao](https://app.uff.br/sispos/acessoaluno/validar_declaracao)

38A1.DBEF.7361.7F3E



Este documento foi gerado pelo Sistema Acadêmico de Pós-Graduação da Universidade Federal Fluminense - SisPos.  
**ATENÇÃO:** Essa declaração foi assinada eletronicamente, portanto, não necessita assinatura manual.

Figura 6 – Exemplo de assinatura gerada em um documento no SisPos

### 2.4.3 SIGA

O SIGA (Sistema Integrado de Gestão Acadêmica) permite que alunos, professores e funcionários acessem informações e façam atualizações relacionadas ao registro acadêmico.

Entre as várias funcionalidades do sistema, a aba de Documentos é a que mais se alinha com as abordagens deste projeto. Nessa seção, como ilustrado na Figura 8, os usuários podem gerar até 16 tipos diferentes de declarações, o que reduz consideravelmente a necessidade de os alunos pedirem documentos customizados diretamente à secretaria.

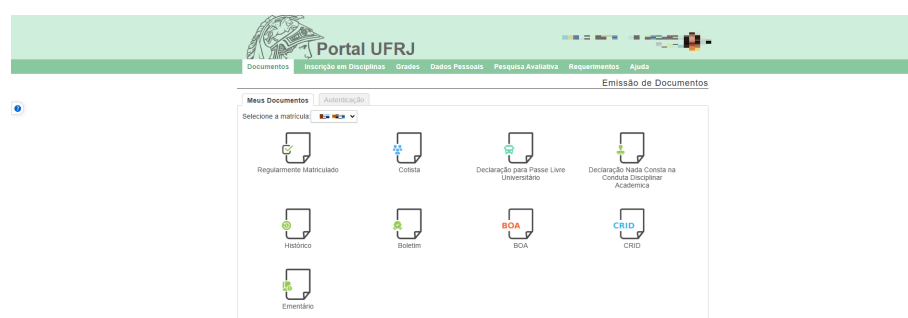
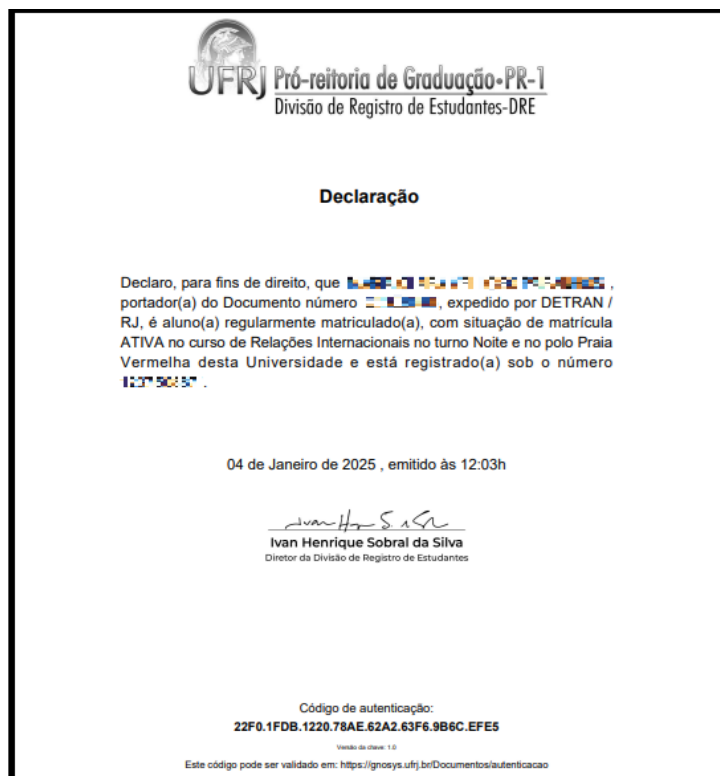


Figura 8 – Aba de documentos do SIGA

O funcionamento é semelhante ao do idUFF: utilizando as informações do aluno logado, o sistema acessa o banco de dados e preenche automaticamente os campos de um texto padrão para criar a declaração correspondente. Além disso, todas as declarações são assinadas digitalmente com uma chave de 16 dígitos, permitindo sua validação em uma tela específica do sistema, como mostrado nas Figuras 9 e 10.



UFRJ Pró-reitoria de Graduação-PR-1  
Divisão de Registro de Estudantes-DRE

**Declaração**

Declaro, para fins de direito, que [nome], portador(a) do Documento número [número], expedido por DETRAN / RJ, é aluno(a) regularmente matriculado(a), com situação de matrícula ATIVA no curso de Relações Internacionais no turno Noite e no polo Praia Vermelha desta Universidade e está registrado(a) sob o número [número].

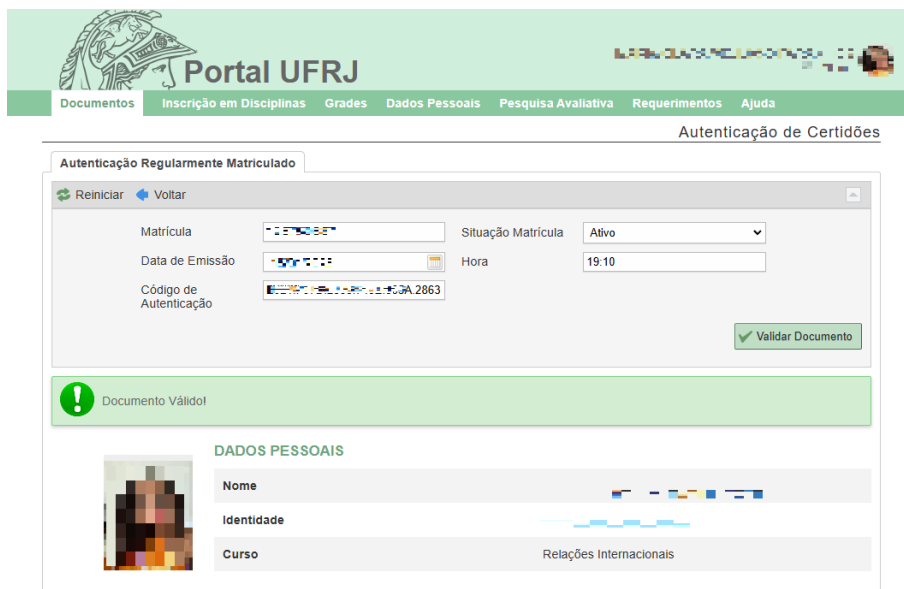
04 de Janeiro de 2025, emitido às 12:03h

*Ivan Henrique Sobral da Silva*  
Ivan Henrique Sobral da Silva  
Diretor da Divisão de Registro de Estudantes

Código de autenticação:  
**22F0.1FDB.1220.78AE.62A2.63F6.9B6C.EFES**

Versão da chave: 1.0  
Este código pode ser validado em: <https://gnosys.ufrj.br/Documentos/autenticacao>

Figura 9 – Exemplo de declaração gerado no SIGA



Portal UFRJ

Documentos Inscrição em Disciplinas Grades Dados Pessoais Pesquisa Avaliativa Requerimentos Ajuda

Autenticação de Certidões

Autenticação Regularmente Matriculado

Reiniciar Voltar

Matrícula: [número] Situação Matrícula: Ativo

Data de Emissão: [data] Hora: 19:10

Código de Autenticação: [código]

Validar Documento

Documento Válido

DADOS PESSOAIS

Nome: [nome]

Identidade: [identidade]

Curso: Relações Internacionais

Figura 10 – Tela de validação de documento do SIGA

#### 2.4.4 gov.br

O gov.br é a plataforma digital do Governo Federal brasileiro que reúne serviços e informações sobre a administração pública. Para acessar os serviços disponíveis, os usuários precisam ter uma conta gov.br, que é gratuita e aberta a todos os cidadãos brasileiros.



Essa conta é classificada em três níveis de segurança e confiabilidade: bronze, prata e ouro, e o nível de acesso varia conforme a segurança e a veracidade dos dados fornecidos. Entre as funcionalidades disponíveis, a assinatura eletrônica se destaca como a mais importante para este projeto, conforme mostrado na Figura 11.



Figura 11 – Tela de assinatura eletrônica do govbr

Esse recurso permite que o usuário assine documentos digitais com validade jurídica equivalente à assinatura física, de acordo com o que estabelece o Decreto nº 10.543, de 13/11/2020 (modificado pelo Decreto nº 10.900/2021). Para utilizar esse serviço, é necessário ter uma conta prata ou ouro. O processo é simples e segue as etapas abaixo:

1. Após fazer login no sistema, o usuário escolhe o arquivo a ser assinado, que pode ter as extensões .DOC, .DOCX, .ODT, .JPG, .PNG ou .PDF, com um tamanho máximo de 100MB.
2. O usuário seleciona a área do arquivo onde deseja inserir a assinatura eletrônica, como ilustrado na Figura 12.
3. Por fim, o usuário faz o download do documento assinado, cuja aparência é mostrada na Figura 13.

*Observação: Todos os dados presentes nas declarações assinadas com o gov.br são dados falsos, gerados em ambiente de desenvolvimento somente para o propósito de testes.*



Figura 12 – Etapa 2 da assinatura eletrônica



Figura 13 – Exemplo de documento assinado

Assim como nos sistemas idUFF e SIGA, o gov.br também permite a validação de documentos assinados digitalmente. O Governo Federal disponibiliza uma página na *web* onde é possível enviar arquivos para verificar o status de assinaturas eletrônicas ICP-Brasil, GOV.BR ou provenientes de acordos internacionais de reconhecimento mútuo. Essa validação também pode ser realizada por meio de um aplicativo e está disponível em três modalidades, conforme ilustrado na Figura 14: Leitura de um *QR Code* presente no documento, *upload* do arquivo diretamente do computador e inserção de uma URL que aponte para o documento.

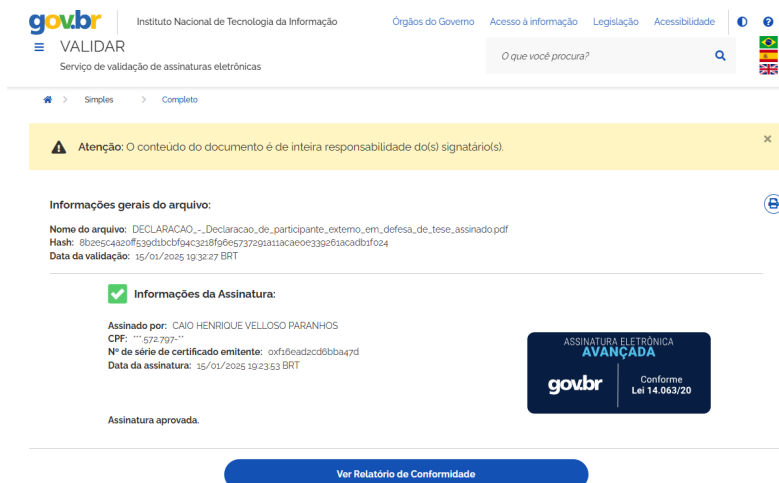


Figura 14 – Tela de validação de documento

O sistema gov.br é um exemplo sólido e acessível de como unir tecnologia digital e segurança jurídica para facilitar processos burocráticos, atendendo às demandas de confiabilidade e agilidade dos cidadãos.

## 3 Metodologia de Desenvolvimento

### 3.1 Introdução

Este capítulo descreve a metodologia e a abordagem desenvolvida para alcançar os objetivos do projeto, detalhando as etapas essenciais, ferramentas, técnicas e decisões que fundamentaram a implementação das funcionalidades propostas. Primeiramente, é realizada a Coleta de Requisitos, que envolve a identificação das necessidades dos usuários e a definição clara dos problemas a serem resolvidos. Em seguida, a Estratégia de Desenvolvimento foi elaborada, contemplando a escolha de tecnologias e a organização das tarefas. Por fim, discute-se a abordagem do projeto, etapa em que as demandas coletadas foram convertidas em *features* concretas, priorizadas com base no impacto e na viabilidade técnica.

Com a implementação concluída, as declarações no sistema podem ser classificadas em três tipos: internas ao código (como boletins, históricos e documentos de quadro de horários), externas (que permitem a inserção de conteúdo proveniente de fontes externas ao sistema) e customizáveis (que utilizam texto externo combinado com dados internos). A escolha da linguagem *Ruby* influenciou diretamente as decisões tomadas durante o desenvolvimento, levando à utilização de ferramentas e bibliotecas compatíveis com o ecossistema *Ruby*, visando garantir a consistência com a base de código existente.

### 3.2 Coleta de Requisitos

A coleta de requisitos foi uma etapa fundamental no desenvolvimento do projeto, com o objetivo de compreender as necessidades dos usuários que participam diretamente do processo diário de geração de declarações. Para isso, realizamos reuniões com os secretários da pós-graduação, que são os principais responsáveis pela elaboração desses documentos, além de consultas com o coordenador e o vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Computação da UFF e a coordenadora da Pós-Graduação em Engenharia de Telecomunicações da UFF.

É importante destacar que, atualmente, já existe um módulo customizável para notificações enviadas por e-mail ([PIMENTEL; JUNIOR, 2014](#)). Um dos requisitos identificados foi que o módulo de declarações customizáveis deveria seguir uma lógica semelhante, mas com uma diferença importante: em vez de enviar textos por e-mail, o sistema deveria gerar um documento em formato PDF, aproveitando a estrutura já existente do SAPOS. Essa abordagem teve como objetivo garantir consistência com as funcionalidades já existentes e

facilitar a integração no sistema. Além disso, toda a etapa de assinatura também deveria usar a estrutura já existente no SAPOS.

Durante as conversas com os secretários, foram identificadas as declarações mais frequentemente geradas. Com base nisso, decidiu-se implementar essas declarações como padrão no sistema, embora os usuários tenham a flexibilidade de adicionar outras conforme necessário no futuro. As declarações são: a declaração de participante externo em defesa e a declaração de disciplinas para aluno avulso.

A inclusão dessas declarações tem como objetivo principal facilitar a introdução à nova funcionalidade. Além de atender às demandas mais comuns, essas declarações servem como modelos práticos para a criação de novas declarações customizáveis. Os usuários podem utilizá-las como referência, adaptando os *templates* de texto e ajustando as consultas SQL de acordo com as suas necessidades específicas.

### 3.2.1 Requisitos Funcionais

- RF01: O sistema deve assinar digitalmente documentos com *QR Code*.
- RF02: O sistema deve permitir a definição de validade para as assinaturas.
- RF03: O sistema deve permitir a geração de declarações customizáveis, baseadas em uma consulta SQL e em um *template*.
- RF04: O sistema deve permitir assinatura de declarações externas.
- RF05: O sistema deve manter registro de todas as declarações geradas, assim como o responsável pela geração e a validade da declaração.
- RF06: O sistema deve permitir que usuários com perfil de administrador possam criar, visualizar, editar, deletar e gerar declarações customizáveis.
- RF07: O sistema deve permitir que usuários com perfil de secretaria possam visualizar e gerar declarações customizáveis.

Com a adição dos requisitos acima, o sistema passa a incorporar um novo conceito: os itens informativos. Esse contexto abrange declarações customizáveis, registro de declarações geradas e outras funcionalidades já existentes no sistema, como notificações, configuração de relatórios e notificações. Além disso, foram identificados requisitos adicionais relacionados à modificação de funcionalidades atuais:

- RF08: O sistema deve permitir que usuários com perfil de secretaria possam visualizar e enviar notificações.

- RF09: O sistema deve permitir que alunos possam gerar seus boletins, históricos (caso sua matrícula esteja desligada por titulação), e demais declarações que estejam marcadas para poderem ser geradas por aluno.

### 3.2.2 Requisitos Não-Funcionais

#### 3.2.2.1 Usabilidade

- RNF01: O sistema deve apresentar os sub-menus de Notificações, Consultas, Notificações Enviadas e Configurações de Relatórios em um menu chamado Informativos, removendo do menu de Configurações.
- RNF02: O sistema deve apresentar o sub-menu Configurações de Relatórios como Configurações de Documento.
- RNF03: O sistema deve apresentar os sub-menus de declarações customizáveis e registro de declarações no menu de Informativos.

#### 3.2.2.2 Confiabilidade e Segurança

- RNF04: Apenas usuários com permissão específica devem poder criar e editar *templates* de declarações customizáveis.
- RNF05: Apenas usuários com permissão específica devem poder criar e editar consultas SQL utilizadas nas declarações customizáveis.

## 3.3 Estratégias de Desenvolvimento

O desenvolvimento deste projeto foi feito em parceria, com uma divisão bem definida de responsabilidades para otimizar o trabalho e cumprir o cronograma. Essa abordagem permitiu que cada membro se focasse em módulos específicos, aproveitando ao máximo suas habilidades e interesses. A estratégia geral pode ser visualizada no diagrama da Figura 15 no fim dessa seção.

A divisão de tarefas foi organizada para que cada membro do grupo ficasse responsável por diferentes partes do sistema, com integrações e revisões frequentes para assegurar a consistência e a qualidade.

O desenvolvimento foi distribuído entre dois integrantes. Um dos desenvolvedores ficou responsável por implementar o **Módulo de Assinatura e QR Code** (RF01, RF02, RF05), que incluiu a lógica de geração e validação dos identificadores associados aos documentos gerados, além de desenvolver o **Módulo de Declarações Externas** (RF04), que permite a criação de documentos com conteúdo fixo, definidos pelo usuário no momento

da geração, integrado ao mecanismo de assinatura digital. Esse mesmo desenvolvedor também implementou a funcionalidade de **Autoatendimento para Alunos** (RF09), que possibilita aos alunos gerarem seus próprios documentos.

Por outro lado, o outro desenvolvedor focou no **Módulo de Declarações Customizáveis** (RF03, RF06, RF07), implementando a funcionalidade que permite a elaboração de documentos customizáveis.

Embora a implementação tenha sido dividida, as partes foram integradas e revisadas em conjunto. Após cada fase de desenvolvimento, foram realizados testes para garantir que as funcionalidades estivessem operando como esperado e que houvesse compatibilidade entre os módulos. Essa abordagem trouxe diversas vantagens significativas. Primeiramente, a especialização foi um benefício importante, pois cada membro da equipe pôde se aprofundar nos detalhes de sua parte do projeto, assegurando um alto nível de qualidade. A divisão de tarefas também possibilitou o paralelismo, permitindo o progresso simultâneo em diferentes áreas do sistema e diminuindo o tempo total de desenvolvimento. Além disso, a integração eficiente foi um aspecto essencial, já que, com revisões regulares, garantimos que as funcionalidades desenvolvidas separadamente se integrassem de maneira conveniente, facilitando o processo como um todo.

## 3.4 Abordagem

Nesta seção, são descritos os principais módulos e funcionalidades desenvolvidos para ampliar a flexibilidade e a eficiência do SAPOS. As abordagens apresentadas incluem a implementação de assinaturas digitais com *QR Code*, a criação de declarações externas e customizáveis, e a funcionalidade de autoatendimento para alunos. Essas inovações foram planejadas para atender às necessidades específicas dos usuários, garantindo maior autonomia, segurança e praticidade no uso do sistema, ao mesmo tempo em que mantêm a robustez e a escalabilidade do SAPOS. A seguir, cada módulo será detalhado, evidenciando sua concepção, funcionamento e impacto no contexto acadêmico.

### 3.4.1 Módulo de Assinatura e *QR Code*

Atualmente, o SAPOS conta com uma funcionalidade chamada “Configuração de Relatórios” (relacionada aos requisitos RNF01 e RNF02), utilizada para definir parâmetros específicos dos documentos gerados pelo sistema. Essa funcionalidade permite configurar aspectos como a escala do documento, o cabeçalho, o logotipo (com ajustes de escala e posicionamento nas coordenadas x, y), entre outros. No período anterior a esse projeto, o sistema era capaz de lidar com três tipos de documentos configuráveis e um tipo de assinatura: documentos padrão (como quadros de horários), boletins (destinados a boletins

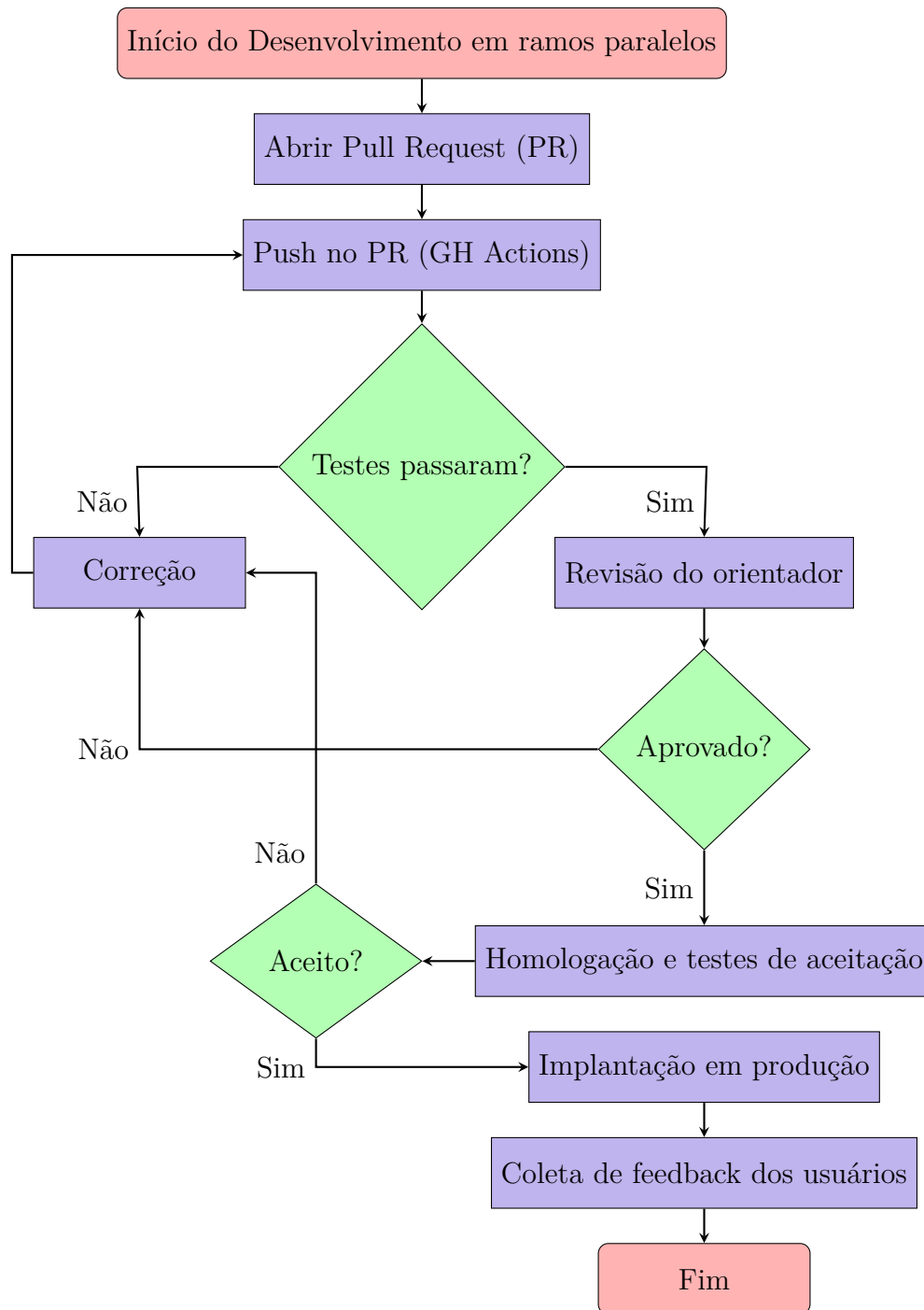


Figura 15 – Diagrama da estratégia de desenvolvimento adotada

escolares) e históricos (para históricos escolares). Todos esses documentos utilizavam somente assinaturas manuais.

Para adicionar um módulo de declarações customizáveis e a assinatura digital com *QR Code*, foram necessárias novas especificações para a configuração de relatórios. Isso se deve ao fato de que uma declaração customizável, assim como documentos com autenticação por *QR Code*, trazem uma dinâmica nova que não é abordada pela estrutura atual do sistema.




Figura 16 – Tela de configuração de relatórios no SAPOS

No contexto da assinatura via *QR Code*, essa funcionalidade foi introduzida como um novo parâmetro na configuração de relatórios, denominado “tipo de assinatura”. Com essa atualização, o usuário pode escolher entre a assinatura manual, que já era utilizada, não incluir uma assinatura, que também já era utilizada, ou a assinatura via *QR Code*, o novo método desenvolvido, como ilustrado na Figura 16, seguindo o requisito RF01. Ao optar pela assinatura com *QR Code*, o documento gerado passa a incluir um *QR Code* que, ao ser escaneado por um dispositivo, redireciona o usuário para a URL do documento original no SAPOS, permitindo a validação de sua autenticidade. Esse mecanismo elimina a necessidade de verificações manuais, aumentando a confiabilidade do sistema e otimizando o tempo necessário para autenticar as declarações.

Para implementar a assinatura via *QR Code*, aproveitando que o SAPOS já utilizava a biblioteca *Prawn* para gerar documentos em formato PDF, foi adicionada a biblioteca *prawn-qrcode* ao projeto, biblioteca que facilita a renderização de *QR Codes*. O fluxo foi modificado para que, se o usuário configurar um documento para usar o tipo de assinatura via *QR Code*, então o *QR Code* será inserido no rodapé do documento, como exemplificado na Figura 17, sendo gerado pela *prawn-qrcode*.

**NOME DA UNIVERSIDADE>**  
**NOME DO INSTITUTO>**  
**NOME DO PROGRAMA>**



BOLETIM ESCOLAR / PÓS-GRADUAÇÃO

ALUNO: Bruna Cristiane Sandra da Rosa

MATRICULA: 1 NACIONALIDADE: Não informado DATA NASCIMENTO: Não informado

IDENTIDADE: Não informado RGÃO EXPEDIDOR: Não informado PAIS EXPEDIDOR: Não informado

C.P.F.: 06031227797

CURSO: Mestrado

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Não informado


MÊS/ANO DE INGRESSO NO CURSO: Agosto/2024

MÊS/ANO DE DESLIGAMENTO DO CURSO: -- MOTIVO: --

DISCIPLINAS CURSADAS COM APROVEITAMENTO						
CÓDIGO	DENOMINAÇÃO	NOTA / CONCEITO	NÚMERO DE CRÉDITOS	CARGA HORÁRIA	PERÍODO	SITUAÇÃO
TC000200	MINERAÇÃO DE DADOS	10.0	4	60h	1/2024	Aprovado
TC000195	METAHEURÍSTICAS	3.0	4	60h	1/2024	Reprovado
TC000197	ALGORITMOS DISTRIBUÍDOS	9.0	4	60h	1/2024	Aprovado
TC000194	BIOLOGIA COMPUTACIONAL	7.5	4	30h	1/2024	Aprovado
TC000234	ARQUITETURA E PROGRAMAÇÃO DE GPUs	0.0	4	60h	1/2024	Reprovado
TC000123	ESTÁGIO DE DOCÊNCIA I	10.0	4	40h	1/2024	Aprovado
TC000235	SISTEMAS MULTIMÍDIA	8.2	4	30h	1/2024	Aprovado
	RESUMO DO PERÍODO	6.8	20	222h		
TC000327	QUALIDADE E TESTE	8.0	4	60h	2/2024	Aprovado
	RESUMO DO PERÍODO	8.0	4	60h		
	<b>TOTAL</b>	<b>7.8</b>	<b>24</b>	<b>290h</b>		

**PRORROGAÇÕES**

Fevereiro/2025 Prorrogação Regular



O documento original pode ser visto acessando o QR Code ao lado.  
Assinada digitalmente em 17/01/2025 22:17 (Belo Horizonte de Brasília)  
Você também pode acessar o documento em:  
<http://127.0.0.1:3000/relatorio/RTMFP-qMHW.pdf>

Pág. nº 1

Figura 17 – Histórico de uma pessoa fictícia gerado pelo SAPOS com assinatura via *QR Code*

O método que gera o *QR Code* utiliza um identificador único, garantindo que ele seja exclusivo, mesmo após várias gerações. A função responsável por essa tarefa é a `generate_qr_code_key`, que se inspira no modelo de UUIDs (Identificadores Únicos Universais), comumente usados em sistemas distribuídos para assegurar a unicidade. No entanto, devido ao escopo mais limitado do SAPOS, foi possível simplificar o identificador, utilizando apenas 11 caracteres. A função, que pode ser visualizada na Listagem 3.1, cria identificadores no formato XXXXX-XXXXX, onde cada X é um caractere escolhido aleatoriamente de uma lista predefinida. Essa lista exclui caracteres visualmente semelhantes, como “I” e “1”, a fim de evitar confusão do usuário. O caractere de separação é colocado na sexta posição para facilitar a legibilidade.

```

1 def generate_qr_code_key
2     10.times.map { "2346789BCDFGHJKMPQRTVWXY".split("").sample }
3     .insert(5, "-").join("")
4 end

```

Listing 3.1 – Função para criar identificadores

Em seguida, é gerada uma URL única associada a esse identificador, permitindo o acesso ao documento original. O *QR Code* inserido no PDF redireciona o usuário para essa URL quando escaneado.

Uma discussão interessante sobre essa lógica, especialmente no que diz respeito à função de gerar identificadores únicos, é a questão da probabilidade de colisão. Podemos considerar que o modelo matemático do problema segue o princípio do paradoxo do aniversário. Esse paradoxo é um problema de probabilidade que afirma que a chance de duas pessoas em um grupo terem o mesmo aniversário é maior do que se imagina. No caso, ele afirma que a probabilidade de pelo menos duas pessoas em uma sala com 23 pessoas compartilharem o mesmo aniversário é de  $P_2(365, 23) \cong 0,507$  (MENEZES; OORSCHOT; VANSTONE, 1996), o que é uma probabilidade bastante significativa. Basicamente, a razão para isso é que, entre 23 pessoas, existem  $23 \times \frac{23-1}{2} = 253$  pares de pessoas, e cada par tem uma chance de  $\frac{1}{365}$  de ter aniversários coincidentes. Assim, a probabilidade de não haver aniversários coincidentes é de aproximadamente  $\left(\frac{364}{365}\right)^{253} \cong 0,4995$ , ou seja, menor que 50% (SOCIETY, 2009).

De maneira geral, UUIDs são identificadores de 128 bits. Embora não sejam equivalentes a funções *hash*, elas compartilham princípios relacionados e, em alguns casos, funções *hash* podem ser utilizadas no processo de criação ou validação de UUIDs (LEACH; MEALLING; SALZ, 2005). Assim como todas as funções *hash* enfrentam o paradoxo do aniversário (SUZUKI et al., 2006), essa formulação pode ser empregada para estimar a probabilidade de colisão na função definida para gerar um identificador único.

Em outras palavras, esse problema pode ser modelado matematicamente pelo princípio do paradoxo do aniversário. Por exemplo, para um conjunto de  $n$  elementos, a probabilidade de pelo menos dois elementos terem o mesmo identificador é dada por:

$$P = 1 - e^{-\frac{n^2}{2C}}$$

onde  $n$  é o número de identificadores gerados, e  $C$  é o número total de combinações possíveis. No caso da função *generate\_qr\_code\_key*,  $C = 24^{10}$ , pois a lista contém 24 caracteres e o identificador tem 10 caracteres. Para ilustrar, suponha que  $n = 1000$ , se aplicarmos esses valores na fórmula de colisão, a probabilidade de colisão equivale a aproximadamente  $1,77 \times 10^{-6}\%$ . A probabilidade de isso ocorrer é extremamente baixa, o que justifica a escolha de identificadores menores. Embora os UUIDs ofereçam um número maior de combinações ( $2^{128}$ ), a baixa frequência de geração simultânea de *QR Codes* no SAPOS torna a abordagem proposta suficiente, pois após cada geração é feita uma consulta ao banco de dados para definir se houve um conflito, e nesse caso é gerado um novo identificador. Além disso, o uso de UUIDs como identificadores poderia trazer um impacto negativo na experiência do usuário. Caso o usuário não pudesse escanear o *QR Code* naquele momento ou estivesse acessando a URL por um dispositivo sem suporte à leitura do código, ele precisaria digitar manualmente o endereço completo. Isso incluiria, além do domínio do SAPOS, os 32 caracteres do UUID, aumentando consideravelmente as chances de erro e frustração ao digitar a sequência longa e aleatória. Em contrapartida, a

Tabela 1 – Análise de identificadores com diferentes tamanhos. Média de gerações calculada após 100 iterações.

	8 dígitos	10 dígitos	12 dígitos
<b>Gerações sem conflito</b>	377.113	9.352.795	217.422.054

abordagem adotada, com identificadores mais curtos, mantém um equilíbrio entre unicidade e praticidade, garantindo que o sistema continue eficiente sem comprometer a usabilidade.

Para reforçar o estudo acima, realizou-se um estudo sobre a geração desses identificadores utilizando três tamanhos distintos: 8, 10 e 12 caracteres. Os resultados desse estudo estão apresentados na Tabela 1, evidenciando que colisões ocorrem apenas no pior cenário, após centenas de milhares de gerações.

Além disso, para evitar o acúmulo desnecessário de arquivos binários de documentos no banco de dados, foi implementada uma tarefa de manutenção automática dos documentos guardados. Nas configurações de relatório, foi adicionada uma propriedade chamada “validade” (em meses). Assim, a tarefa de manutenção diária remove documentos expirados, excluindo os arquivos correspondentes do banco de dados, mas mantendo o identificador gerado anteriormente para que não seja reutilizado por um novo documento.

Para aprimorar o gerenciamento e a usabilidade do sistema, foi criada uma tela específica para listar os documentos gerados com assinatura por *QR Code*, conforme ilustrado na Figura 18. Essa funcionalidade atende ao requisito RF05, que exige o registro de todas as declarações geradas, e mantém informações essenciais como o responsável pela geração do documento, a data de criação, a validade da declaração e o identificador único do documento. O sistema promove maior transparência, rastreabilidade e segurança, além de facilitar auditorias e análises futuras sobre o uso das funcionalidades.



SAPOS

Sistema de Apoio à Pós-Graduação

Desenvolvido pelo Instituto de Computação - UFF

Versão 7.4.0 | Créditos

Principal

Alunos

Professores

Bolsas

Etapas

Disciplinas

Informativos

Formação

Localidades

Seleção

Configurações

Logout

Declarações

Documentos Assinados

Notificações

Documentos Assinados

Notificações Enviadas

Configurações de Documentos

Consultas

Gerado por

Nome do Arquivo

Identificador

Data de Criação

Data de Expiração

admin

DECLARAÇÃO - Declaração de participante externo em defesa de tese.pdf

369KD-QRFB2

Quarta, 15 de Janeiro de 2025, 19:21 h

-

admin

DECLARAÇÃO - Declaração de participante externo em defesa de tese.pdf

WFCK9-WH2BT

Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:55 h

-

admin

DECLARAÇÃO - Declaração de participante externo em defesa de tese.pdf

HDJKG-HGC7M

Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:46 h

-

admin

assertion.pdf

MH8T9-ZW4GD

Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:36 h

-

admin

assertion.pdf

27K2X-H7VJB

Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:35 h

-

admin

assertion.pdf

2GFG9-B2HVB

Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:29 h

-

Buscar

Adicionar

6 Registros Encontrados

Figura 18 – Tela de documentos assinados via *QR Code*

A tela de documentos assinados possui quatro colunas principais que ajudam na identificação das características dos documentos gerados: “Gerado por”, que mostra o

usuário responsável pela criação da declaração, facilitando o rastreamento e a auditoria; “Nome do Arquivo”, que identifica o documento na listagem; “Identificador”, que é o código único atribuído ao documento, gerado pela função mencionada anteriormente; e as datas de criação e expiração. Além disso, existem botões que possibilitam a realização de ações específicas, que variam de acordo com o perfil do usuário.

Com base no feedback dos usuários, foi implementada a funcionalidade de invalidação de documentos, permitindo que o responsável revogue manualmente a validade de uma declaração antes do prazo configurado, caso necessário. Essa funcionalidade, somada ao registro centralizado das declarações, garante que todas as declarações possam ser monitoradas e acessadas de forma segura, aumentando a confiabilidade do processo e oferecendo mais controle aos usuários.

### 3.4.2 Módulo de Declarações Externas

O módulo de declarações externas foi desenvolvido para atender ao requisito RF04, que estabelece a necessidade de permitir a assinatura de documentos externos ao sistema. Diferentemente das declarações customizáveis, que exigem *templates* e consultas SQL para gerar documentos customizados, as declarações externas são altamente flexíveis, permitindo atender tanto a demandas simples quanto àquelas que envolvem dados que não estão disponíveis no SAPOS. Essa funcionalidade permite ao usuário definir exatamente o que deve estar escrito no corpo do documento, sempre inserindo a assinatura por *QR Code* para validação posterior.

Para isso, foi adicionada à nova tela de “Documentos Assinados”, o botão de “Adicionar”, identificado na Figura 18 pela letra A. Para usar essa funcionalidade, o usuário deve informar apenas:

1. **Nome do arquivo:** nome que identifica o arquivo na listagem de documentos assinados
2. **Título:** nome que preenche o cabeçalho impresso na declaração;
3. **Corpo da declaração:** texto descritivo, que pode conter informações da instituição ou do aluno, caso aplicável;
4. **Validade (meses):** duração da vigência do documento.

Após confirmar esses dados, o sistema gera automaticamente um arquivo PDF com assinatura *QR Code*. Assim como nos demais documentos assinados digitalmente, foi mantida a mesma integração com a biblioteca *prawn-qrcode*, e, internamente, o identificador único (chave do *QR Code*) é gerado da mesma forma que nos demais documentos.

Assim como na Figura 18, a listagem de documentos externos é a mesma dos demais documentos assinados por *QR Code*. Nessa interface, usuários com os perfis de Coordenação, Secretaria e Admin têm a opção de baixar novamente o PDF ou invalidar o documento, caso seja necessária a revogação de sua validade antes do prazo originalmente configurado. A manutenção diária de documentos expirados também se aplica aos documentos externos: ao ultrapassar o período de validade, o registro permanece no sistema, mas o arquivo PDF é removido para liberar espaço no banco de dados.

Dessa forma, qualquer declaração que dependa de dados que não estão disponíveis no SAPOS também pode ser gerada através do sistema, sem a necessidade de conhecimento de *templates* ERB ou consultas SQL. Esse fluxo é particularmente vantajoso para cenários nos quais se precisam emitir documentos de forma rápida, padronizada e com garantia de autenticidade por *QR Code*.

### 3.4.3 Módulo de Declarações Customizáveis

O módulo de declarações customizáveis foi projetado para atender às necessidades específicas da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Computação da UFF, que lida diariamente com um grande volume de declarações. Apesar disso, sua implementação foi feita de forma genérica, permitindo que outras secretarias que utilizam o sistema SAPOS também possam integrar o módulo em seus processos, adaptando-o conforme suas próprias necessidades. O principal objetivo desse módulo é permitir que qualquer declaração, baseada nos dados disponíveis no SAPOS, seja gerada automaticamente pelo sistema. É importante destacar que a geração automática de declarações ocorre apenas no formato PDF, seguindo o padrão do SAPOS.

A proposta é oferecer uma solução flexível que facilite a criação de documentos padronizados ou customizados, eliminando etapas manuais, otimizando o tempo dos secretários e reduzindo a possibilidade de erros humanos. Os usuários podem criar documentos com campos fixos e dinâmicos, ajustando os modelos às suas necessidades específicas. Informações como nome do aluno, curso ou CPF são preenchidas automaticamente com dados do banco de dados do SAPOS, garantindo precisão e consistência. Para isso, o módulo permite que os usuários definam tanto os *templates* com o texto das declarações quanto as consultas SQL que extraem informações do banco de dados, conforme descrito no requisito RF03.

Na implementação do módulo, o módulo de notificações do SAPOS serviu como referência, aproveitando a experiência acumulada no uso de *templates* para personalização de conteúdos. O *Ruby on Rails*, plataforma base do SAPOS, oferece o *Embedded Ruby* (ERB), uma ferramenta popular para a criação de *views* dinâmicas que permite a inserção de código Ruby em documentos. Essa tecnologia facilita a separação entre lógica e apresentação, tornando o desenvolvimento mais intuitivo e eficiente. No contexto do módulo de declarações

customizáveis, o ERB se mostrou ideal para personalizar documentos. Por exemplo, uma declaração de participação em banca de defesa pode ser gerada utilizando consultas SQL específicas e *templates* ERB que formatam automaticamente o texto com base nos dados recuperados.

Por exemplo, para gerar uma declaração de participação em banca de defesa, incluindo a composição da banca, a consulta SQL seria:

```

1 SELECT
2   s.name AS 'aluno',
3   l.name AS 'nivel',
4   e.thesis_title AS 'titulo',
5   e.thesis_defense_date AS 'data',
6   p.name AS 'banca'
7 FROM
8   thesis_defense_committee_participations tdc, enrollments e,
9   students s, professors p, levels l
10 WHERE
11   tdc.enrollment_id = e.id AND
12   e.student_id = s.id AND
13   tdc.professor_id = p.id AND
14   e.level_id = l.id AND
15   e.enrollment_number = :matricula_aluno

```

Listing 3.2 – Consulta SQL para comprovação de banca.

Em seguida, o texto da declaração pode ser gerado com o seguinte *template*:

Declaramos, para os devidos fins, que a Banca Examinadora da Defesa de <%= var('nivel') == 'Doutorado' ? 'Tese' : 'Dissertação' %> de <%= var('nivel') %> intitulada "<%= var('titulo') %>", apresentada pelo aluno <%= var('aluno') %>, no dia <%= localize(var('data'), :longdate) %>, no Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense, foi composta pelos seguintes membros.

<% I18n.locale = :en %>

We hereby declare, for all due purposes, that the Examination Committee for the Defense of the <%= var('nivel') == 'Doutorado' ? 'Doctoral Thesis' : 'Master's Dissertation' %> titled "<%= var('titulo') %>," presented by the student <%= var('aluno') %>, on <%= localize(var('data'), '%B %d, %Y') %>, at the Instituto de Computação of the Universidade Federal Fluminense, was composed of the following members.

```
<% records.each do |record| %>
- <%= record['banca']%>
<%end%>
```

Como foi mencionado anteriormente, o padrão do SAPOS para a geração de documentos como histórico e boletim escolar é o formato PDF, e na linguagem de programação *Ruby*, o *Prawn* é amplamente utilizado para tal função. Sua popularidade se deve à sua simplicidade, flexibilidade e robustez, permitindo que desenvolvedores gerem arquivos PDF de forma programática, com controle total sobre o conteúdo e a formatação do documento (BROWN et al., ).

A escolha de continuar usando *Prawn* para o projeto foi principalmente devido à sua facilidade de uso, o que permite a criação de documentos PDF de maneira rápida e eficiente. Outro ponto importante é que, devido à sua popularidade na comunidade, ele conta com uma documentação bem clara e uma base de usuários engajada, o que torna mais fácil resolver problemas e aprender durante o desenvolvimento do projeto. O suporte completo do *Prawn* para personalização de layout e formatação também foi um fator decisivo, pois esses aspectos são essenciais para o projeto de geração de documentos customizáveis no contexto acadêmico.

Por exemplo, o trecho de código apresentado na Listagem 3.3 foi utilizado para gerar as declarações customizáveis, onde ele utiliza a biblioteca *Prawn* em *Ruby* para automatizar a criação de PDFs customizados.

O método *new\_document* inicializa o documento, define seu nome, título e tipo, enquanto o bloco *do...end* configura o conteúdo utilizando o objeto *pdf*. A função *assertion\_table* insere uma tabela gerada dinamicamente com base nos dados da variável *@assertion*, que é o tipo da declaração customizável.

```
1 new_document(
2   "assertion.pdf",
3   I18n.t("pdf_content.assertion.assertion_pdf.filename"),
4   pdf_type: :assertion
5 ) do |pdf|
6   assertion_table(
7     pdf, assertion: @assertion
8   )
9 end
```

Listing 3.3 – Exemplo de geração de PDF com Prawn



Este trecho de código demonstra como o *Prawn* funciona em conjunto com o *Ruby*, mostrando a aplicação da função *assertion\_table* para manipular elementos essenciais de um documento PDF. Graças à flexibilidade de uma linguagem de programação como o *Ruby*, é possível definir aspectos importantes do documento, como o layout das tabelas, quebras de linha, margens e conteúdo textual dinâmico. Esse nível de controle é fundamental para atender às demandas de flexibilidade e precisão na criação de documentos customizáveis pelo sistema.

Como o SAPOS utiliza o padrão arquitetural MVC (*Model-View-Controller*), foi desenvolvido um novo modelo denominado “*Assertion*”, responsável por gerenciar as declarações customizáveis. Esses modelos requerem obrigatoriamente um *template* e uma consulta SQL associada. No contexto do MVC, *Helpers* são utilizados para encapsular a lógica de apresentação reutilizável, como o *assertion\_pdf\_helper*, que contém funções para formatar o texto das declarações e gerar PDFs utilizando a biblioteca *Prawn*. Essa abordagem assegura que os documentos gerados estejam bem formatados e ajustados às dimensões especificadas.

Além da flexibilidade técnica, o módulo foi projetado para equilibrar praticidade e controle, com permissões de acesso definidas para diferentes perfis de usuários. Apenas administradores, secretarias e coordenadores podem gerenciar o módulo, cada qual com responsabilidades específicas. O Administrador, por exemplo, possui acesso total às funcionalidades (conforme RF06), podendo criar, editar e excluir declarações, configurar consultas SQL e definir *templates*. Já a Secretaria, com permissões mais restritas (RF07), pode apenas visualizar e utilizar declarações já configuradas, gerando os documentos finais em PDF. Essa divisão de responsabilidades garante a integridade do sistema e permite que usuários com diferentes níveis de conhecimento técnico desempenhem suas funções de forma eficiente e segura.

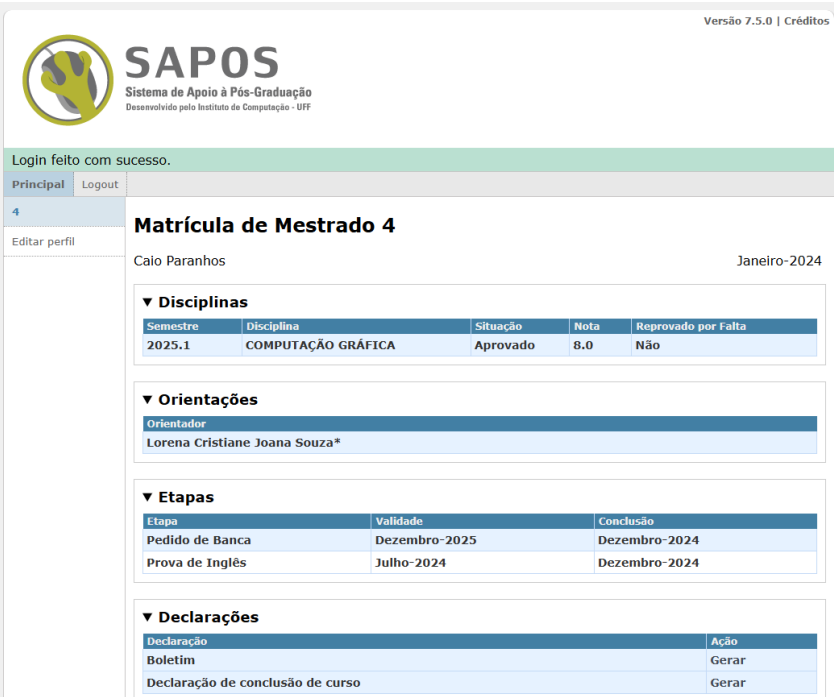
Por fim, o módulo busca oferecer uma solução escalável e personalizável, aproveitando as capacidades já existentes no SAPOS, como o uso de *templates* e a integração com consultas SQL, para facilitar a criação e a gestão de declarações acadêmicas. Além disso, o SAPOS já conta com colaboradores que oferecem suporte técnico para a elaboração de consultas personalizadas, assegurando que até mesmo usuários com menos experiência consigam criar e utilizar modelos customizados de forma eficiente.

#### 3.4.4 Funcionalidade de Autoatendimento para Alunos

Atendendo ao requisito RF09, o sistema passa a oferecer aos alunos a capacidade de gerar documentos relacionados a si próprios de forma autônoma. Essa funcionalidade foi projetada para proporcionar mais praticidade e agilidade, permitindo que os estudantes acessem documentos importantes diretamente, sem a necessidade de intermediários. Para garantir a segurança e a integridade das informações, o acesso dos alunos é restrito apenas

aos documentos previamente autorizados e configurados pelos administradores do sistema. Dessa forma, os estudantes têm uma experiência mais eficiente e ágil, enquanto o controle sobre os documentos disponíveis e os critérios de acesso permanece centralizado e seguro.

Além disso, a funcionalidade de autoatendimento simplifica a emissão de documentos que não exigem validação por parte da secretaria ou de outros perfis, pois são gerados automaticamente pelo SAPOS. Para tornar essa funcionalidade acessível, foi adicionada uma nova seção na tela do aluno, onde é possível visualizar e gerar os documentos disponíveis para autoatendimento, como ilustrado na Figura 19. Essa integração garante que os alunos tenham uma experiência fluida e intuitiva ao acessar os documentos diretamente pelo sistema.



**SAPOS**  
Sistema de Apoio à Pós-Graduação  
Desenvolvido pelo Instituto de Computação - UFF

Versão 7.5.0 | Créditos

Login feito com sucesso.

Principal Logout

4

Editar perfil

**Matrícula de Mestrado 4**

Caio Paranhos Janeiro-2024

▼ Disciplinas

Semestre	Disciplina	Situação	Nota	Reprovado por Falta
2025.1	COMPUTAÇÃO GRÁFICA	Aprovado	8.0	Não

▼ Orientações

Orientador
Lorena Cristiane Joana Souza*

▼ Etapas

Etapas	Validade	Conclusão
Pedido de Banca	Dezembro-2025	Dezembro-2024
Prova de Inglês	Julho-2024	Dezembro-2024

▼ Declarações

Declaração	Ação
Boletim	Gerar
Declaração de conclusão de curso	Gerar

Figura 19 – Tela do SAPOS para alunos após a modificação do autoatendimento

Os documentos de autoatendimento incluem tanto boletins como históricos escolares. Ambos são declarações padrão do sistema e estarão sempre disponíveis no autoatendimento. Contudo, a opção de gerar o histórico só é exibida caso o aluno tenha sido desligado por titulação, já que esse é o processo seguido pela secretaria, conforme levantado na coleta de requisitos.

Além disso, foi implementada a possibilidade de geração de declarações criadas pelo módulo de Declarações Customizáveis. Durante a criação de tais declarações, o usuário pode escolher se elas podem ou não ser geradas pelo aluno. Caso opte pelo sim, a declaração passa a ser exibida na tela do aluno, sob a condição de que a consulta da declaração contenha um e somente um parâmetro: a matrícula do aluno. Essa restrição é necessária

para garantir que os dados do documento sejam corretamente preenchidos a partir de uma matrícula específica, sem a possibilidade de outras variáveis que não estariam disponíveis em tal contexto.

Observe ainda que uma das declarações criadas com o módulo de Declarações Customizáveis disponíveis é a Declaração de Conclusão de Curso. Essa opção é exibida mesmo que o aluno não tenha passado pela conclusão do curso. Nesse caso, o aluno que tentar gerar uma declaração para a qual - baseando-se no resultado da consulta ao banco de dados - não seja aplicável, o sistema exibirá uma mensagem informando que não há dados suficientes para gerar o documento, conforme ilustrado na Figura 20.

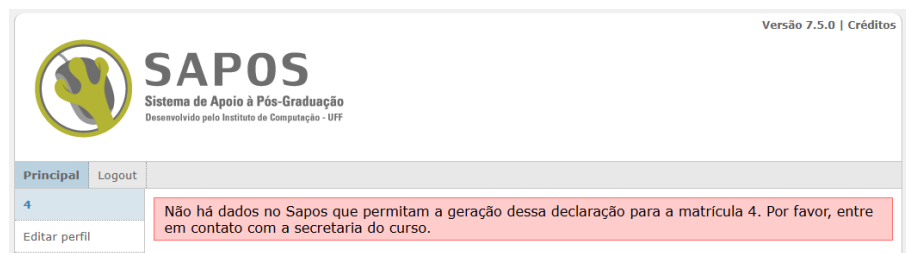


Figura 20 – Mensagem de aviso quando não há dados suficientes para gerar a declaração

Em resumo, todas as declarações marcadas para serem geradas pelo aluno serão exibidas na tela, independentemente da elegibilidade. Se a consulta não retornar dados para uma declaração específica, será exibida uma mensagem de erro. O motivo para isso é evitar a execução de múltiplas consultas a cada exibição, o que poderia impactar negativamente o desempenho do sistema.

### 3.5 Considerações Finais

O desenvolvimento das funcionalidades abordadas neste capítulo teve como objetivo melhorar a eficiência e a segurança no processo de geração de documentos no SAPOS, com ênfase na customização, na criação de PDFs e na assinatura digital por meio de *QR Code*, onde a utilização da biblioteca *Prawn* para a criação de PDFs, juntamente com a implementação da assinatura digital, trouxe mais flexibilidade e automação ao sistema, atendendo às necessidades específicas da secretaria de pós-graduação.

A Figura 21 apresenta o modelo entidade-relacionamento que ilustra a estrutura dos novos módulos implementados no sistema. Este modelo foca nas adições e mudanças resultantes das novas funcionalidades. As relações entre as entidades e a organização do código foram ajustadas para melhor modularização, facilitando a manutenção e a expansão do sistema para futuras melhorias.

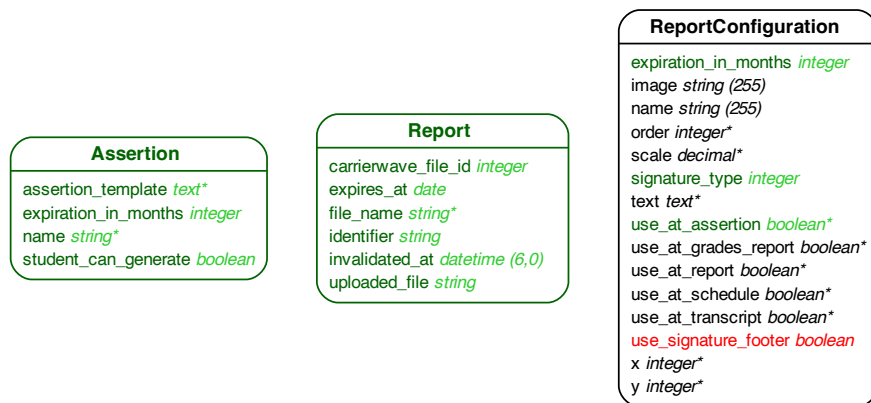


Figura 21 – Modelo entidade-relacionamento representando os módulos desenvolvidos.

Além disso, foi realizado um conjunto de testes para garantir a funcionalidade e a confiabilidade das novas implementações. Foram desenvolvidos três testes de validação para as declarações customizáveis, assegurando a presença de parâmetros obrigatórios, como a associação de uma *query*, um nome e um *template* para cada nova declaração. Complementarmente, foram implementados cinco testes relacionados à assinatura por meio de *QR Code*. Esses testes validam aspectos fundamentais, como a restrição do preenchimento do campo de validade apenas quando o tipo de assinatura selecionado é *QR Code*, garantindo maior precisão no funcionamento dessa funcionalidade.

Com a implementação das funcionalidades descritas, o próximo passo será analisar os resultados obtidos, avaliando o impacto dessas melhorias no desempenho e na usabilidade do sistema. O próximo capítulo se dedicará à apresentação desses resultados, onde será discutida principalmente a recepção dos usuários.

## 4 Resultados e Discussões

### 4.1 Introdução

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com a aplicação prática das funcionalidades desenvolvidas. Para avaliar o impacto dessas implementações, foram utilizadas duas metodologias complementares: entrevistas diretas com a secretaria do PGC e a aplicação de um questionário estruturado. Isso possibilitou tanto a análise de percepções subjetivas quanto a coleta de métricas objetivas sobre a utilidade e eficiência das novas ferramentas. Além disso, o capítulo explora os principais pontos de melhoria identificados, destacando ajustes já realizados e sugestões para futuras atualizações. Com base nos resultados obtidos, foi possível entender melhor como as inovações propostas atenderam às demandas da secretaria de pós-graduação e de outros usuários do SAPOS, assim como o impacto dessas inovações em suas atividades diárias.

As implementações foram bem recebidas pelos usuários, o que se reflete nas estatísticas de uso. As funcionalidades foram implantadas em etapas: a assinatura de documentos com *QR Code* foi disponibilizada no dia 03 de dezembro de 2024, as declarações customizáveis no dia 10 de janeiro de 2025 e as declarações externas no dia 17 de janeiro de 2025. Até o dia 04 de fevereiro de 2025, já haviam sido assinados digitalmente 162 documentos pela secretaria de PGC e 91 documentos pela secretaria de PPGEET, demonstrando a rápida adoção e utilidade das novas ferramentas no cotidiano das secretarias.

### 4.2 *Feedback* dos Usuários

Para a funcionalidade de assinatura digital via *QR Code*, foram levantados dois pontos principais durante a avaliação inicial. O primeiro ponto diz respeito à possibilidade de lidar com erros ou desatenções, como a emissão incorreta de uma declaração de previsão de conclusão em vez de uma declaração de conclusão. Para resolver essa questão, foi implementada a funcionalidade de “invalidar documento”, que permite anular qualquer documento antes da data de validade estipulada. Essa opção foi integrada à tela de documentos assinados, onde cada documento apresenta ações disponíveis, incluindo a nova opção de invalidação, como é possível ver na Figura 22.



Versão 7.4.0 | Créditos

Documento invalidado com sucesso.

Principal Alunos Professores Bolsas Etapas Disciplinas Informativos Formação Localidades Seleção Configurações Logout

Declarações Documentos Assinados Buscar Adicionar

Notificações	Gerado por	Nome do Arquivo	Identificador	Data de Criação	Data de Expiração	
Documentos Assinados	admin	DECLARAÇÃO - Declaração de participante externo em defesa de tese.pdf	369KD-QRFB2	Quarta, 15 de Janeiro de 2025, 19:21 h	Invalidado	
	admin	DECLARAÇÃO - Declaração de participante externo em defesa de tese.pdf	WFC93-WH2BT	Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:55 h	-	
Notificações Enviadas	admin	DECLARAÇÃO - Declaração de participante externo em defesa de tese.pdf	HDJ9G-HG7TM	Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:46 h	-	
Configurações de Documentos	admin	assertion.pdf	MH8T9-2W4GD	Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:56 h	-	
	admin	assertion.pdf	27K2X-H7WJB	Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:35 h	-	
Consultas	admin	assertion.pdf	2GFG9-B2HVB	Segunda, 13 de Janeiro de 2025, 21:29 h	-	

6 Registros Encontrados

Figura 22 – Tela de documentos assinados com um documento invalidado

Além disso, no momento em que qualquer indivíduo tente validar a declaração escaneando o *QR Code*, ele será redirecionado para uma tela com um aviso de que aquele documento está inválido/expirado, ilustrado na Figura 23.



Figura 23 – Tela de documento inválido

O segundo ponto aborda a necessidade de revisar declarações antes de sua emissão final. Para viabilizar essa conferência, o sistema passou a oferecer uma opção que permite escolher o tipo de assinatura no momento da geração, sem alterar as configurações padrão. Dessa forma, os usuários podem emitir versões preliminares para simples conferência, sem comprometer o fluxo de assinatura digital, ou até mesmo gerar declarações para assinatura manual, caso seja necessário atender a especificidades de determinadas solicitações.

O *feedback* recebido para a funcionalidade de declarações externas também se aplica às declarações customizáveis, com dois pontos principais destacados pelos usuários: a necessidade de que o texto da declaração gerada fosse exibido em preto (anteriormente

era roxo, padrão de boletins e históricos) e que o sistema permitisse o uso de tabulação durante a escrita.

Como essas melhorias envolviam ajustes relativamente simples, a mudança para exibir o texto da declaração em preto foi rapidamente realizada após o recebimento do *feedback*. Em relação à funcionalidade de tabulação, ela funciona corretamente quando o usuário insere espaços manualmente ou copia uma tabulação de uma fonte externa e a cola no sistema. No entanto, a tabulação não foi implementada diretamente no sistema, pois, como o texto é processado como um ERB, a inclusão de códigos específicos para tabulação nesse contexto comprometeria a clareza e a legibilidade dos *templates*, tornando a experiência de escrita menos intuitiva.

Para a funcionalidade de declarações customizáveis, o *feedback* inicial apontou dois pontos principais. O primeiro ponto foi a solicitação de inclusão de mais declarações no conjunto das declarações padrão inicialmente definidas e o segundo ponto tratou de sugestões para mudanças no fluxo de geração de determinadas declarações.

Em relação à proposta de inclusão de novas declarações, foram sugeridos modelos semelhantes à declaração de participante externo em defesa, com a adição de três novos tipos: defesa de dissertação em português (incluindo todos os membros da banca) e em inglês (com apenas o membro da instituição estrangeira), além de versões equivalentes para defesa de exame de qualificação e defesa de tese. No entanto, é importante destacar que a declaração de participação em Exame de Qualificação não pode ser gerada pelo SAPOS, uma vez que ele não armazena as informações relacionadas ao EQ. Já as declarações de participação em bancas foram implementadas na instância do PGC utilizando um único *template*, no qual o idioma do texto exibido depende do usuário.

Sobre a pauta de mudanças no fluxo de gerações de declarações, foi sugerido que as declarações de defesa fossem geradas automaticamente e enviadas a todos os envolvidos após o registro de uma defesa no SAPOS. Para declarações relacionadas a um aluno específico, a proposta era permitir sua geração automática junto com outras informações do aluno, como acontece no processo de emissão do histórico escolar. No entanto, como essas mudanças envolvem funcionalidades mais complexas e não apenas ajustes simples ao que foi implementado, elas foram registradas como uma *issue* <sup>1</sup> no projeto do *GitHub*. Esse registro mantém um histórico das sugestões e permite que sejam consideradas em futuras atualizações, uma vez que representam contribuições valiosas para o aprimoramento do sistema.

---

<sup>1</sup> <https://github.com/gems-uff/sapos/issues/529>

### 4.3 Questionário de avaliação das funcionalidades

Além da entrevista inicial, o questionário foi desenvolvido para coletar um *feedback* mais preciso sobre o projeto. Considerando que a amostra de respondentes será pequena, ele foi estruturado de forma objetiva, mas com espaço suficiente para comentários mais detalhados. O formulário abordou perguntas relacionadas ao cargo dos usuários, frequência de uso do sistema, experiência com as funcionalidades implementadas, e uma avaliação qualitativa e quantitativa do impacto dessas ferramentas no dia a dia de trabalho.

A seguir, a estrutura do questionário:

**Título do Questionário:** Avaliação das Novas Funcionalidades do SAPOS

1. Qual é o seu cargo dentro do programa de pós-graduação?
  - Secretaria
  - Coordenação
  - Outro: [campo para especificar]
2. Com que frequência você utiliza o SAPOS?
  - Diariamente
  - Algumas vezes na semana
  - Raramente
3. Você já utilizou a funcionalidade de assinatura digital via QR Code no SAPOS? (Disponível como um novo tipo de assinatura para configuração de documentos)
  - Sim
  - Não
4. Quão útil você considera essa funcionalidade para validar documentos de forma mais prática? (Selecione um valor de 1 a 5, onde 1 é “Nada útil” e 5 é “Muito útil”)
5. Você encontrou algum problema técnico ou dificuldade ao usar a funcionalidade de assinatura digital? Deixe em branco caso a resposta seja “Nenhum”
6. Quais sugestões ou melhorias você acredita que podem ser feitas para essa funcionalidade? Deixe em branco caso a resposta seja “Nenhuma”
7. Sobre as declarações externas, você já utilizou a funcionalidade? (Disponível em Informativos / Documentos Assinados)
  - Sim



- Não
8. Quão útil você considera essa funcionalidade para gerar documentos de forma mais prática? (Selecione um valor de 1 a 5, onde 1 é “Nada útil” e 5 é “Muito útil”)
  9. Você encontrou algum problema técnico ou dificuldade ao usar a funcionalidade de declaração externa? Deixe em branco caso a resposta seja “Nenhum”
  10. Quais sugestões ou melhorias você acredita que podem ser feitas para essa funcionalidade? Deixe em branco caso a resposta seja “Nenhuma”
  11. Agora, sobre as declarações customizáveis, você já utilizou essa funcionalidade? (Disponível em Informativos / Declarações)
    - Sim
    - Não
  12. Quão útil você considera essa funcionalidade para as demandas diárias da secretaria? (Selecione um valor de 1 a 5, onde 1 é “Nada útil” e 5 é “Muito útil”)
  13. Você encontrou algum problema técnico ou dificuldade ao usar a funcionalidade de declarações customizáveis? Deixe em branco caso a resposta seja “Nenhum”
  14. Quais sugestões ou melhorias você acredita que podem ser feitas para essa funcionalidade? Deixe em branco caso a resposta seja “Nenhuma”
  15. Em uma escala de 1 a 5, quão impactantes foram as novas funcionalidades no seu dia a dia de trabalho? (Selecione um valor de 1 a 5, onde 1 é “Nenhum impacto” e 5 é “Impacto significativo”)
  16. As novas funcionalidades ajudaram a otimizar o tempo de execução das suas atividades?
    - Sim
    - Sim, mas há pontos a melhorar
    - Não percebi diferença
  17. Você considera que as novas funcionalidades contribuíram para reduzir erros humanos no processo de geração de documentos?
    - Sim
    - Parcialmente
    - Não
  18. Gostaria de deixar algum comentário adicional sobre as novas funcionalidades?

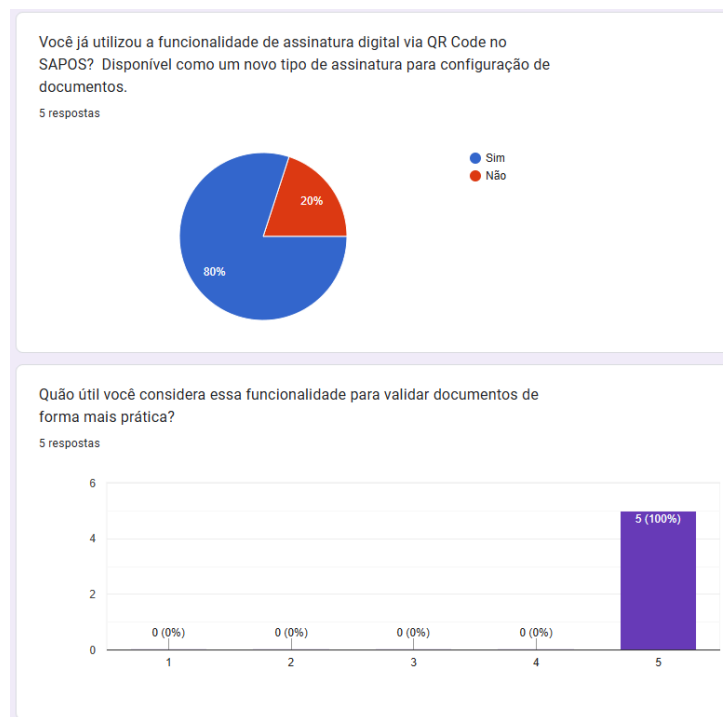


Figura 24 – Avaliação dos usuários quanto a funcionalidade de assinatura digital

O formulário contou com 5 respondentes, sendo eles: 2 funcionários da secretaria do PGC, 1 funcionário da secretaria do PPGEET, 1 professor da PPGEET que já atuou na coordenação e o coordenador do PGC. Vale ressaltar que, apesar de serem poucas pessoas, são pessoas que fazem uso intenso do SAPOS. Dos principais resultados, três aspectos foram relevantes para a avaliação do trabalho: adesão às funcionalidades, avaliação da utilidade de cada uma das funcionalidades e o impacto no trabalho diário.

Em relação à adesão das funcionalidades e à avaliação da utilidade de cada uma, a assinatura digital via *QR Code* foi utilizada por quatro dos cinco respondentes, sendo classificada como “Muito útil” por todos que a experimentaram. Já a funcionalidade de declarações externas foi utilizada por três dos cinco participantes, mas, assim como a assinatura digital, recebeu nota máxima (5) de todos os respondentes em relação à praticidade para geração de documentos. As declarações customizáveis apresentaram uma adesão semelhante, com três participantes afirmando já tê-las utilizado e outros dois indicando que ainda não a testaram. No entanto, quatro usuários atribuíram nota 5 para sua utilidade nas demandas diárias da secretaria, enquanto um avaliou com nota 4, como é possível ver nas figuras 24, 25 e 26.

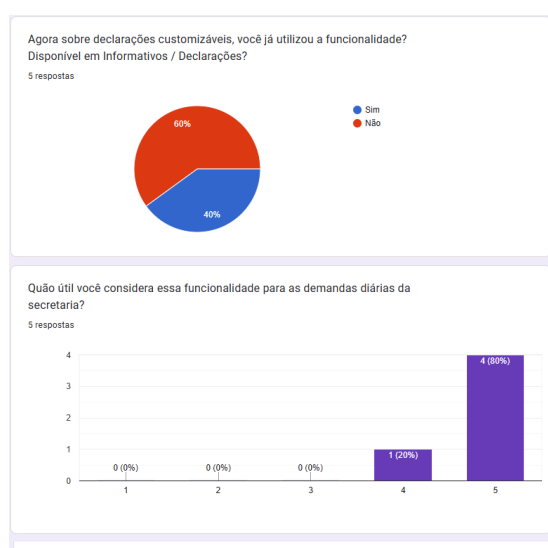


Figura 25 – Avaliação dos usuários quanto a funcionalidade de declarações customizáveis

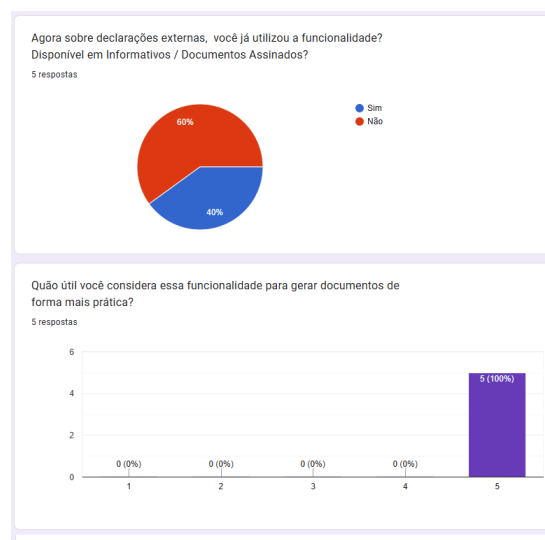


Figura 26 – Avaliação dos usuários quanto a funcionalidade de assinatura de declarações externas

Quanto ao impacto das novas funcionalidades no trabalho diário, dois respondentes mencionaram que as ferramentas tiveram um impacto significativo, dando nota 5, enquanto os outros atribuíram notas 3 e 2. Apesar dessas diferenças, todos os participantes concordaram que as funcionalidades ajudaram a otimizar o tempo de execução das tarefas. Além disso, dois usuários relataram que as novas ferramentas ajudaram a diminuir erros humanos na geração de documentos, enquanto os outros dois acharam que a redução foi apenas parcial. Esses resultados apresentados nas figuras 27 e 28 destacam o valor das funcionalidades implementadas, evidenciando tanto os benefícios obtidos quanto as oportunidades para melhorias futuras.

Além das avaliações quantitativas, foi possível coletar de forma mais precisa a opinião dos usuários. Entre as sugestões recebidas, destacou-se a necessidade de melhorias nas funcionalidades de declarações customizáveis, especificamente a inclusão de botões de edição de texto mais intuitivos, como opções para negrito, itálico, alinhamento centralizado e justificado. Essa melhoria simplificaria o uso do módulo, especialmente para usuários sem conhecimentos técnicos avançados, tornando-a mais acessível e amigável <sup>2</sup>.

Os comentários adicionais reforçam os benefícios proporcionados pelas novas funcionalidades. Um dos usuários relatou:

*“As novas funcionalidades contribuem significativamente para agilizar a emissão de documentos. A adoção do QR Code como forma de autenticação permite gerar quase que instantaneamente Boletins, Históricos Escolares e declarações, eliminando o tempo*

<sup>2</sup> <https://github.com/gems-uff/sapos/issues/530>

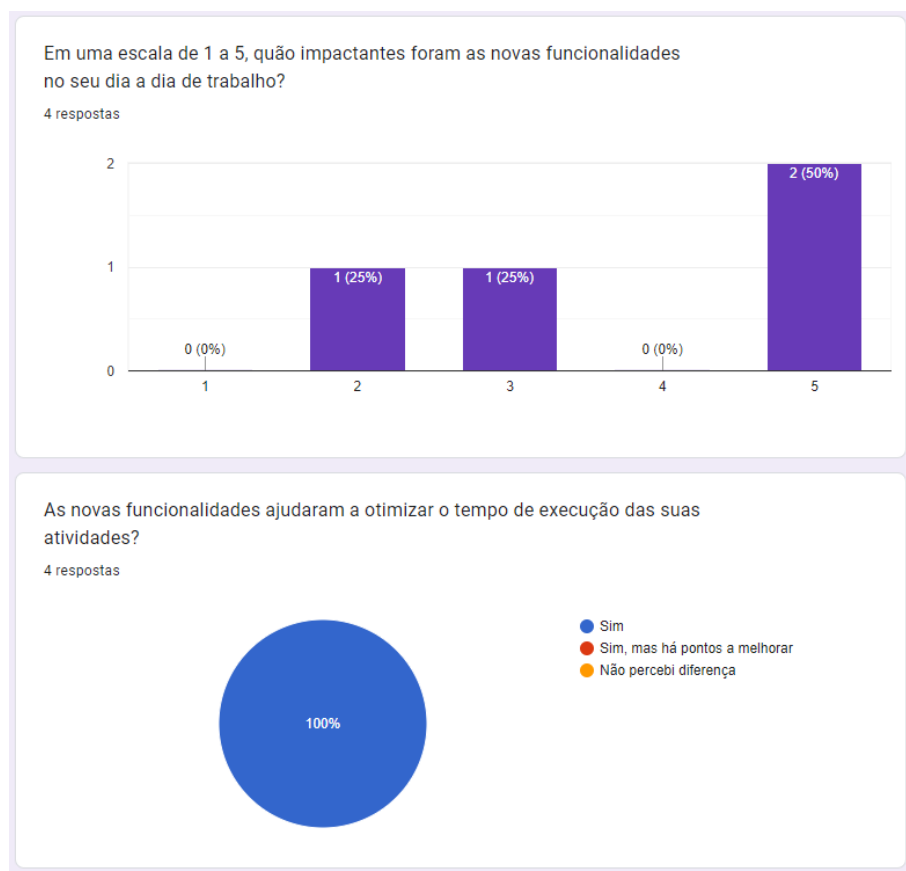


Figura 27 – Avaliação dos usuários quanto a impacto diário e otimização do tempo de execução de tarefas

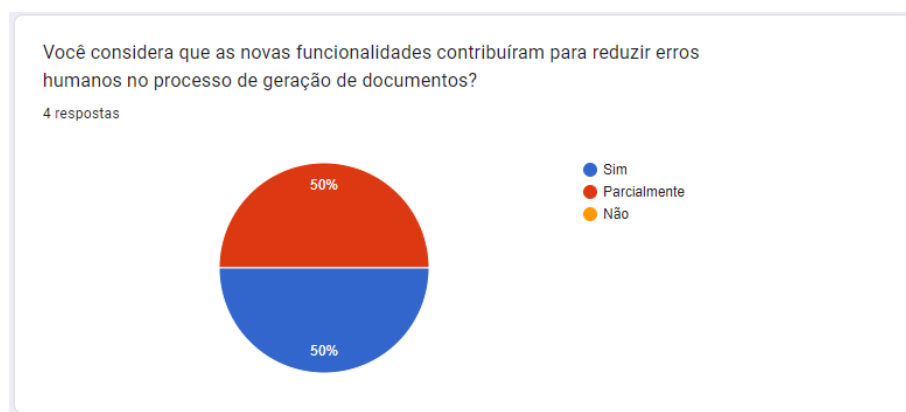


Figura 28 – Avaliação dos usuários quanto a redução de erros humanos

*de espera entre o envio do documento para assinatura do Coordenador e devolução do documento assinado pelo mesmo. O solicitante recebe o documento mais rapidamente, podendo submetê-lo com mais celeridade aos seus desejados processos. Os benefícios atingem o Programa e seu público.”*

Outro usuário também destacou:

*“As novas funcionalidades, além de evitar a necessidade de assinatura nos documentos, tornam muitas tarefas dos funcionários independentes da resposta e sincronismo da coordenação. Parabéns aos envolvidos pelo trabalho!”*

Esses relatos diretos mostram claramente o impacto positivo das mudanças realizadas, ressaltando não apenas a agilidade que elas trouxeram, mas também o aumento na autonomia dos usuários. Além disso, essas percepções indicam oportunidades de aprimoramento, ajudando a promover um uso ainda mais eficiente do sistema no futuro. É importante destacar que a funcionalidade de autoatendimento para alunos não foi avaliada, pois, no momento da implementação do projeto, ainda existia uma limitação dependente de uma etapa em desenvolvimento <sup>3</sup>, que precisa ser resolvida antes de ser liberada para os alunos.

---

<sup>3</sup> <https://github.com/gems-uff/sapos/issues/448>

## 5 Conclusão

O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver e integrar novas funcionalidades ao sistema SAPOS, visando otimizar os processos administrativos relacionados à geração e validação de documentos acadêmicos. Especificamente, o foco foi atender às necessidades da secretaria do Programa de Pós-Graduação em Computação da UFF, que diariamente lida com um grande volume de declarações e outros documentos.

A implementação da assinatura digital via *QR Code* fortaleceu a segurança e a confiabilidade do sistema, oferecendo uma solução moderna e prática para a autenticação de documentos. A capacidade de verificar a autenticidade diretamente por meio de um dispositivo eletrônico, juntamente com a funcionalidade de invalidar documentos e definir datas de expiração, trouxe um novo nível de controle e transparência à gestão documental. Essas melhorias tornam o SAPOS um sistema mais robusto e alinhado às necessidades atuais das instituições acadêmicas, agregando valor tanto para os gestores quanto para os alunos.

Além disso, a integração do módulo de Declarações Customizáveis, combinada com a possibilidade de inserir declarações no SAPOS com assinatura digital, ampliou consideravelmente a flexibilidade do sistema. Essa inovação permite que as secretarias desenvolvam documentos customizados, adaptados às suas necessidades específicas, e automatizem processos que antes dependiam de intervenção manual. Como resultado, houve uma otimização do tempo dos usuários e uma redução significativa de erros, garantindo maior precisão e eficiência na geração de documentos acadêmicos. Essas funcionalidades reforçam o compromisso do SAPOS em oferecer soluções que atendam às expectativas de modernidade e praticidade exigidas pelas instituições de ensino.

Dessa forma, os resultados alcançados foram satisfatórios, considerando tanto a concepção e implementação das funcionalidades quanto o *feedback* inicial obtido com os usuários. Foi possível confirmar que as novas funcionalidades foram bem recebidas pelos usuários do SAPOS. Elas foram consideradas práticas e úteis, contribuindo para a otimização das tarefas diárias e a redução de erros, embora ainda existam oportunidades para melhorias. A avaliação geral foi positiva, demonstrando o impacto significativo das mudanças implementadas no sistema.

Apesar das melhorias alcançadas, algumas limitações permaneceram e indicam áreas para desenvolvimento futuro no SAPOS. Uma das principais limitações foi a dificuldade em implementar fluxos mais automatizados para a geração e envio de declarações. Por exemplo, a funcionalidade de gerar e encaminhar automaticamente declarações de defesa para todos os envolvidos ainda requer ações manuais, o que poderia ser melhorado para

diminuir o esforço operacional.

Outra limitação diz respeito à flexibilidade na criação de consultas SQL para alimentar os *templates* de declarações. Embora a funcionalidade atual seja robusta, requer um nível de conhecimento técnico que pode ser desafiador para alguns usuários. Uma interface mais intuitiva para construir consultas pode facilitar o uso do módulo de Declarações Customizáveis por usuários não técnicos.

Todas essas limitações foram devidamente registradas como *issues* no repositório do SAPOS, garantindo que sejam documentadas e possam ser superadas em futuras iterações do sistema. Dessa forma, é possível assegurar a continuidade da evolução do projeto, direcionando esforços para atender às demandas identificadas.

De forma geral, este trabalho demonstrou que a implementação de novas funcionalidades no SAPOS, como a assinatura digital via *QR Code* e o módulo de Declarações Customizáveis, trouxe avanços significativos para a gestão documental. As melhorias foram validadas pelos usuários, que destacaram a praticidade e a utilidade das novas *features*. Apesar disso, as limitações identificadas evidenciam a necessidade de aprimoramentos contínuos para atender plenamente às demandas dos usuários. Além de suprir as necessidades imediatas da secretaria do Programa de Pós-Graduação em Computação da UFF, este trabalho estabeleceu uma base sólida para futuras evoluções do sistema, assegurando sua relevância e eficácia no contexto acadêmico.

# Referências

ALREHILY, A. et al. Conventional and improved digital signature scheme: A comparative study. *Journal of Information Security*, v. 6, p. 59–67, 2015. Citado na página 6.

AUFA, F. J.; ENDROYONO; AFFANDI, A. Security system analysis in combination method: Rsa encryption and digital signature algorithm. In: *2018 4th International Conference on Science and Technology (ICST)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–5. Citado na página 7.

BROWN, G. et al. *Prawn: A fast and nimble PDF generation library for Ruby*. RubyGems. Acesso em: 19 dez. 2024. Disponível em: <<https://rubygems.org/gems/prawn/versions/2.1.0?locale=pt-BR>>. Citado na página 33.

CHENG, X. An effective arithmetic combined digital signature with digital watermarking. In: *2009 Third International Conference on Genetic and Evolutionary Computing*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 831–833. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 6.

DIFFIE, W.; HELLMAN, M. New directions in cryptography. *IEEE Transactions on Information Theory*, v. 22, n. 6, p. 644–654, 1976. Citado na página 5.

Domino Printing. *Qual é a diferença entre um código de matriz de dados e um código QR?* 2021. Acessado em 6 de janeiro de 2025. Disponível em: <<https://www.domino-printing.com/pt/blog/2021/qual-e-a-diferenca-entre-um-codigo-de-matriz-de-dados-e-um-codigo-qr>>. Citado 2 vezes nas páginas ix e 9.

FERREIRA, R. D.; AMARO, T. M. P. *SAPOS - Sistema de Apoio à Pós-Graduação*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal Fluminense, Instituto de Computação, Niterói, Brasil, 2013. Citado na página 1.

IMAM, I. T. et al. Doc-block: A blockchain based authentication system for digital documents. In: *2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1262–1267. Citado na página 5.

International Organization for Standardization. *ISO 7498-2:1989 – Information Processing Systems – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Part 2: Security Architecture*. 1989. ISO Standard, accessed on January 23, 2025. Disponível em: <<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/14256/61491d114b434117b68e28c9dca92871/ISO-7498-2-1989.pdf>>. Citado na página 5.

KINDAKLI, M. *Design and Implementation of an Efficient Approach for Custom-fields and Formulas with SAP HANA*. Dissertação (Mestrado) — University of Magdeburg, July 2015. Master's Thesis. Citado na página 10.

LEACH, P. J.; MEALLING, M.; SALZ, R. *A Universally Unique Identifier (UUID) URN Namespace*. RFC Editor, 2005. Request for Comments 4122. Accessed: 2025-01-11. Disponível em: <<https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4122>>. Citado na página 28.



- MALIK, N.; JOSHI, B. Ecdsa approach for reliable data sharing and document verification using two level qr code. In: *2018 2nd International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)* I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), 2018 2nd International Conference on. [S.l.: s.n.], 2018. p. 434–437. Citado na página 9.
- MENEZES, A. J.; OORSCHOT, P. C. van; VANSTONE, S. A. *Handbook of Applied Cryptography*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1996. Available online: <<http://cacr.uwaterloo.ca/hac/>>. ISBN 978-0-8493-8523-0. Disponível em: <<http://cacr.uwaterloo.ca/hac/>>. Citado na página 28.
- MICROSOFT. *Criando relatórios personalizados usando exibições de SQL Server em Configuration Manager*. 2023. Microsoft Docs. Acesso em: 19 dez. 2024. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/mem/configmgr/develop/core/understand/sqlviews/create-custom-reports-using-sql-server-views>>. Citado na página 10.
- MICROSOFT. *Preencher documentos com dados de um banco de dados*. 2024. Microsoft Docs. Acesso em: 19 dez. 2024. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/visualstudio/vsto/how-to-populate-documents-with-data-from-a-database?view=vs-2022>>. Citado na página 10.
- PIMENTEL, J. F. N.; JUNIOR, L. A. V. *SAPOS 3: Adição de notificações ao sistema de apoio a pós-graduação*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal Fluminense, Instituto de Computação, Niterói, Brasil, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 21.
- Presidência da República do Brasil. *LEI Nº 14.063, DE 23 DE SETEMBRO DE 2020*. 2020. Disponível em: Portal da Legislação Brasileira. Acesso em: 19 dez. 2024. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14063.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14063.htm)>. Citado na página 6.
- RIVEST, R. L.; SHAMIR, A.; ADLEMAN, L. A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. *Commun. ACM*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 21, n. 2, p. 120–126, fev. 1978. ISSN 0001-0782. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/359340.359342>>. Citado na página 5.
- SANTOS, B. d. S. *SAPOS: Criação do Controle de Editais de Seleção e Inscrições Online no Sistema de Apoio a Pós-Graduação*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Niterói, Brasil, 2016. Citado na página 1.
- SCHETTINO, B. d. P. *SAPOS 2: Gestão de disciplinas, etapas e credenciamentos no sistema de apoio à pós-graduação*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal Fluminense, Instituto de Computação, Niterói, Brasil, 2013. Citado na página 1.
- SOCIETY, I. C. Ieee standard specification for public key cryptographic techniques based on hard problems over lattices. *IEEE Std 1363.1-2008*, p. 1–81, 2009. Citado na página 28.
- SUZUKI, K. et al. Birthday paradox for multi-collisions. In: RHEE, M. Y.; LEE, B. R. (Ed.). *Information Security and Cryptology – ICISC 2006*. Springer, Berlin,

Heidelberg, 2006. (Lecture Notes in Computer Science, v. 4296), p. 29–40. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/11927587\\_5](https://doi.org/10.1007/11927587_5)>. Citado na página 28.

TKACHENKO, I. et al. Two-level qr code for private message sharing and document authentication. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, v. 11, n. 3, p. 571–583, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.

United States Congress. *Electronic Signatures in Global and National Commerce Act (ESIGN Act)*. 2000. Public Law 106-229. Disponível em: <<https://www.fdic.gov/resources/supervision-and-examinations/consumer-compliance-examination-manual/documents/10/x-3-1.pdf>>. Citado na página 2.

WALIDANIY, W. D.; YULIANA, M.; DARWITO, H. A. Enhancing document authenticity with qr codes and ecc-based digital signatures. In: *2023 International Electronics Symposium (IES)*. [S.l.: s.n.], 2023. p. 238–243. Citado na página 5.

YASSEIN, M. B. et al. Comprehensive study of symmetric key and asymmetric key encryption algorithms. In: *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–7. Citado na página 7.

ZHANG, J. A study on application of digital signature technology. In: *2010 International Conference on Networking and Digital Society*. [S.l.: s.n.], 2010. v. 1, p. 498–501. Citado na página 5.