

Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Especialização em Automação Industrial

Unidade Curricular: Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC): Relatório Técnico

IDENTIFICAÇÃO
Ministério da Educação - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Especialização em Automação Industrial
Unidade Curricular: Trabalho de Conclusão de Curso
Campus: Lages/SC
Professor orientador: MSc. Darlan Felipe Klotz
Autor: Thiago Bueno
Título e Subtítulo: Sistema Especialista Aplicado à Otimização do Sistema Automático de Facas de uma Rebobinadeira de Papel

Resumo: O presente trabalho descreve o desenvolvimento e implementação de um Sistema Especialista (SE) para otimizar o funcionamento do sistema automático de facas de uma rebobinadeira em uma máquina de papel. O SE foi projetado para auxiliar os operadores no diagnóstico de falhas, coletando informações através de perguntas e aplicando lógicas condicionais para analisar as respostas fornecidas e gerar diagnósticos precisos. O sistema especialista permite identificar com rapidez problemas críticos, como a qualidade da afiação das facas, condições de contrafacas, e o funcionamento do sistema pneumático. Após a implementação, os operadores relataram uma redução estimada de 2% no tempo de máquina parada, refletindo ganhos de produtividade. O uso do SE demonstrou ser uma ferramenta eficiente na redução do tempo improdutivo e na melhoria da manutenção do sistema. Este estudo sugere a continuidade de pesquisas para aprimorar o SE, incluindo a criação de um banco de regras colaborativo, visando tornar o sistema mais adaptável e dinâmico.

Palavras-chave: Automação, sistema especialista, rebobinadeira, indústria, máquina de papel, expert SINTA.

Abstract: This paper describes the development and implementation of an Expert System (SE) to optimize the operation of the automatic knife system in a paper machine rewinder. The ES was designed to assist operators in diagnosing failures by collecting information through questions and applying conditional logic to analyze the responses and generate accurate diagnostics. The expert system enables the rapid identification of critical issues, such as knife sharpening quality, counter-knife conditions, and the functionality of the pneumatic system. After implementation, operators reported an estimated 2% reduction in machine downtime, reflecting productivity gains. The use of the ES has proven to be an effective tool in reducing idle time and improving system maintenance. This study suggests continuing research to enhance the ES, including the creation of a collaborative rule database to make the system more adaptable and dynamic

Key-Words: Automation, expert system, rewinder, industry, paper machine, expert SINTA.

1 INTRODUÇÃO

As máquinas de papel do tipo *kraft*, são responsáveis pela produção de papéis para a confecção de sacarias para produtos alimentícios e construção civil, como papéis do tipo extensível e papéis planos. Alguns de seus principais produtos são sacos de café e cimento. Na linha de produção de uma máquina de papel (MP), um dos equipamentos mais críticos é a rebobinadeira, que é responsável por transformar jumbos rolos (JRs) em bobinas menores, conforme especificações das ordens de venda (OVs).

Os JRs produzidos pela MP possuem aproximadamente 4,30 m de largura e podem ser fabricados com diferentes gramaturas (de 70 g/m² a 121 g/m²) e tipos de papel (plano ou extensível). A rebobinadeira, localizada ao final da MP, corta esses JRs em formatos específicos determinados pelas OVs, que definem o tipo de papel, a gramatura, o diâmetro das bobinas (de 1100 mm a 1400 mm) e a quantidade a ser produzida por tirada. Para realizar esses cortes, os operadores utilizam um sistema automático de facas (SAF).

A Figura 1 demonstra um exemplo de Jumbo Rolo:

Figura 1 – Exemplo de um jumbo rolo.



Fonte: Época negócios, (2025).

Apesar de sua importância para o processo produtivo, muitas vezes o SAF apresenta defeitos frequentes, como:

- Facas saltando o corte ou sem funcionar;
- Falhas durante as trocas de *setup* (personalização da máquina);
- Problemas recorrentes em mangueiras pneumáticas.

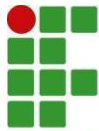
Esses defeitos são agravados pelo uso contínuo da rebobinadeira, que opera 24 horas por dia, sete dias por semana, parando apenas para manutenções programadas. Como consequência, os operadores enfrentam dificuldades para manter a qualidade do corte e, frequentemente, precisam recorrer a soluções empíricas para contornar os problemas. Para mitigar os defeitos e manter a produção, os operadores aplicam práticas adquiridas ao longo dos anos, como:

- Verificar manualmente a qualidade do corte na lateral das bobinas;
- Ajustar a distância entre facas e contrafacas antes do início da operação;
- Reaproveitar facas afiadas na oficina e avaliar o estado do fio de corte;
- Alternar entre os modos manual e automático para forçar o ajuste fino do sistema.

Essas práticas, embora eficazes em situações pontuais, demandam tempo e não garantem a padronização ou confiabilidade do processo. O resultado é um aumento no tempo de máquina parada, atrasos na produção e consequentemente perdas financeiras.

Nesse viés, a utilização de um sistema especialista (SE) surge como uma alternativa promissora para minimizar a problemática citada. Esse sistema permitiria capturar e sistematizar o conhecimento técnico dos operadores mais experientes, tornando-o acessível a toda a equipe. Assim, seria possível diagnosticar falhas e realizar ajustes de forma mais rápida e eficiente, reduzindo o tempo de inatividade e otimizando a produção.

Vários estudos têm abordado o uso de sistemas especialistas (SEs) na indústria, como por exemplo:



- DE AGUIAR *et al* (2010): Desenvolveram um SE baseado em lógica fuzzy para avaliar a satisfação de clientes na indústria automotiva;
- SOUTO (2005): Desenvolveu um SE em lógica nebulosa para auxiliar no cálculo em tempo real do desempenho e segurança na monitoração de usinas nucleares;
- XAVIER (2022): Explanou sobre alguns dos SEs aplicados a contabilidade gerencial dentre eles: o sistema público de escrituração digital (SPED), o *Enterprise Requirement Planning* (ERP)/ o *Material Requirement Planning* (MRP) e o *System Analysis Program Development* (SAP). Todos esses sistemas servem para facilitar o gerenciamento de dados contábeis por meio de interações com os usuários e com os demais sistemas em rede;
- SANTOS *et al* (2012): Ampliou o conhecimento acerca da aplicação de sistemas inteligentes para o diagnóstico de falhas em motores de indução, que se dá através do uso SEs de modo não invasivo em motores de indução trifásicos.

Esses casos demonstram que SEs são capazes de lidar com variáveis complexas e incertezas, características também presentes no processo de corte de facas da rebobinadeira. Com isso, a implementação de um sistema semelhante no contexto de uma MP pode representar melhorias significativas na operação do equipamento.

Nas próximas seções, serão apresentados os detalhes da rebobinadeira e uma revisão sobre os conceitos e aplicações de SEs. Ainda, o presente estudo foi realizado em uma empresa brasileira de papel e celulose.

2 REBOBINADEIRA

Conforme AURELIANO (2023), "as rebobinadeiras de papel são amplamente utilizadas nas indústrias de papel e celulose para processar bobinas em rolos menores, prontas para consumo ou para outros processos de produção."

Já para PEREIRA (2023), "na indústria papeleira, a rebobinadeira é um

equipamento de suma importância a qualquer fábrica de papel e sua performance impacta diretamente a máquina inteira. Todos os investimentos e custos aplicados durante a fabricação serão desperdiçados se o rolo jumbo de papel não puder ser rebobinado para ter o acabamento final, gerando o valor ao produto vendável."

A Figura 2 apresenta um modelo de uma rebobinadeira de papel, enquanto a Figura 3 demonstra as tiradas no processo de produção de uma rebobinadeira, onde cada conjunto de bobinas demonstrado representa uma tirada, que é produzida de acordo com a ordem de venda do dia.

Figura 2 - modelo de uma rebobinadeira de papel.



Fonte: Furnax, (2025).

Figura 3 - Tiradas na produção de papel



Fonte: Brásia, (2025).

2.1 Sistema de Facas Automático (SAF) Mario Cotta

No presente estudo, o SAF de análise será da empresa italiana Mario Cotta, que é composto por 12 facas e 12 contrafacas. Quando os operadores recebem uma ordem de produção, eles configuram os valores das larguras das bobinas no computador do sistema, que ajusta automaticamente as facas para realizar os cortes conforme especificado.

A Figura 3 apresenta um modelo de SAF Mario Cotta:

Figura 3 - modelo de um sistema de facas automático (SAF) Mario Cotta.



Fonte: Mario Cotta, (2017).

Apesar da automação, o SAF enfrenta desafios significativos que impactam a qualidade do processo, incluindo:

- Facas inoperantes;
- Falta de peças de reposição;
- Vazamento de ar nas mangueiras pneumáticas de conexão das facas;
- Necessidade frequente de afiação de facas reaproveitadas pois as vezes as facas reaproveitadas que retornam da oficina central vem com dentes, ocasionando eventuais defeitos no corte;

- Deficiência no acompanhamento das manutenções devido à alta demanda fabril.

2.2 Práticas Adotadas pelas empresas

As empresas do ramo de papel e celulose incentivam o desenvolvimento técnico de seus operadores, que são treinados para assumir maior autonomia no setor. Esses profissionais realizam pequenas manutenções e intervenções no equipamento, priorizando a qualidade da produção.

Apesar da competência dos profissionais, a complexidade do sistema de facas automático dificulta e atrasa as manutenções, principalmente quando os trabalhadores não possuem experiência em relação ao comportamento da máquina. Assim, a criação de um SE - atuando como um manual de falhas - pode oferecer suporte aos operadores, permitindo:

- Diagnósticos mais rápidos e precisos de problemas;
- Maior eficiência nas intervenções;
- Melhor aproveitamento das facas e contrafacas;
- Menor ocorrência de paradas não programadas e melhorias na produtividade.

A implementação desse sistema representa uma oportunidade para alavancar a performance da rebobinadeira e agregar valor ao processo produtivo.

3 SISTEMA ESPECIALISTA

Os SEs são ferramentas computacionais da Inteligência Artificial, desenvolvidas para emular o raciocínio de especialistas humanos em domínios específicos. Criados na década de 1970 e amplamente utilizados nos anos 1980, os SEs se destacam por sua capacidade de analisar dados qualitativos e fornecer soluções ou diagnósticos fundamentados em uma base de conhecimento estruturada e um motor de inferência (FREITAS et al., 2015).

Os SEs se distinguem dos sistemas tradicionais por processarem informações

não numéricas, dependentes de uma base de conhecimento alimentada por especialistas. Essa base é combinada com uma máquina de inferência, que aplica regras predefinidas para interpretar dados fornecidos pelo usuário e oferecer conclusões práticas (KERSCHBAUMER, 2018).

No contexto da rebobinadeira, o SE proposto atuará como um manual inteligente de diagnóstico e manutenção para o sistema de facas automático Mario Cotta. Configurado para identificar problemas recorrentes, como facas inoperantes, vazamentos nas conexões pneumáticas e necessidade de afiação ou substituição de facas, ele capacitará os operadores para intervenções mais rápidas e precisas, otimizando a produção e promovendo o desenvolvimento contínuo da equipe.

3.1 Software Expert Sinta

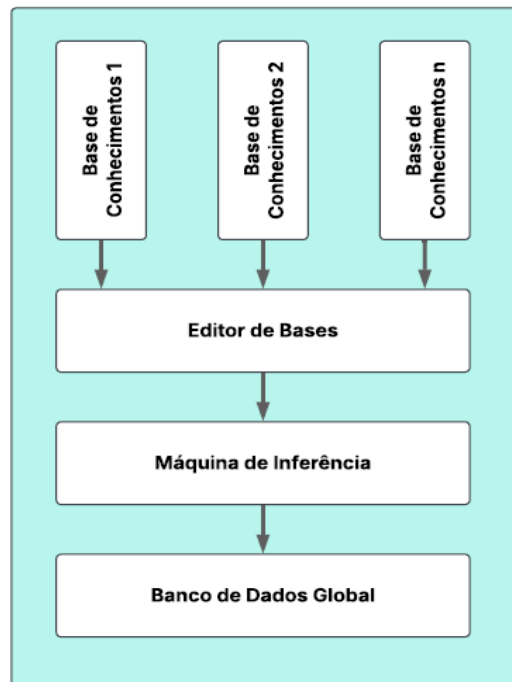
O Expert SINTA é um software gratuito desenvolvido pelo Laboratório de Informática Artificial (LIA) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Essa ferramenta utiliza técnicas de inteligência artificial para criar sistemas especialistas de forma automatizada. Seu diferencial está na interface intuitiva, permitindo que o programador defina a base de conhecimento sem necessidade de um conhecimento avançado em programação (LIA, 1998) (FREITAS *et al*, 2015).

A base de conhecimento do sistema é estruturada em variáveis comuns (ou variáveis gerais), variáveis objetivo (ou variáveis específicas, resultado final), valores de estado das variáveis, perguntas e regras. Inicialmente, o programador insere as variáveis, que podem assumir diferentes valores de estado durante a execução. O usuário não pode criar novos valores, apenas selecionar entre as opções disponíveis. Para cada variável, é associada uma pergunta, cuja resposta determina o valor que será assumido no momento da execução. Além disso, o programador define quais variáveis representarão os objetivos do sistema, ou seja, as respostas finais fornecidas ao usuário (LIA, 1998).

As regras são formuladas com base em condições lógicas do tipo “SE” (conhecido também como *IF* na literatura inglesa), combinadas com conectivos como E e OU. Dessa forma, todas as possíveis combinações de variáveis devem

estar cobertas por pelo menos uma regra, garantindo que o SE tenha resposta para qualquer cenário apresentado (FREITAS *et al*, 2015). A Figura 4 apresenta a arquitetura do software Expert SINTA utilizado:

Figura 4 - arquitetura simplificada do Expert SINTA.



Fonte: LIA (1998).

Nesse contexto cada item corresponde respectivamente:

- **Base de conhecimentos:** corresponde às informações que um especialista utiliza, incluindo fatos e regras, representadas de forma computacional;
- **Editor de bases:** ferramenta disponibilizada para implementar as bases de conhecimento desejadas;
- **Máquina de inferência:** componente do sistema especialista responsável por realizar deduções a partir da base de conhecimentos;
- **Banco de dados global:** conjunto de evidências fornecidas pelo usuário durante a interação com o sistema especialista.

4 SE APLICADO À REBOBINADEIRA EM UMA EMPRESA BRASILEIRA DE PAPEL

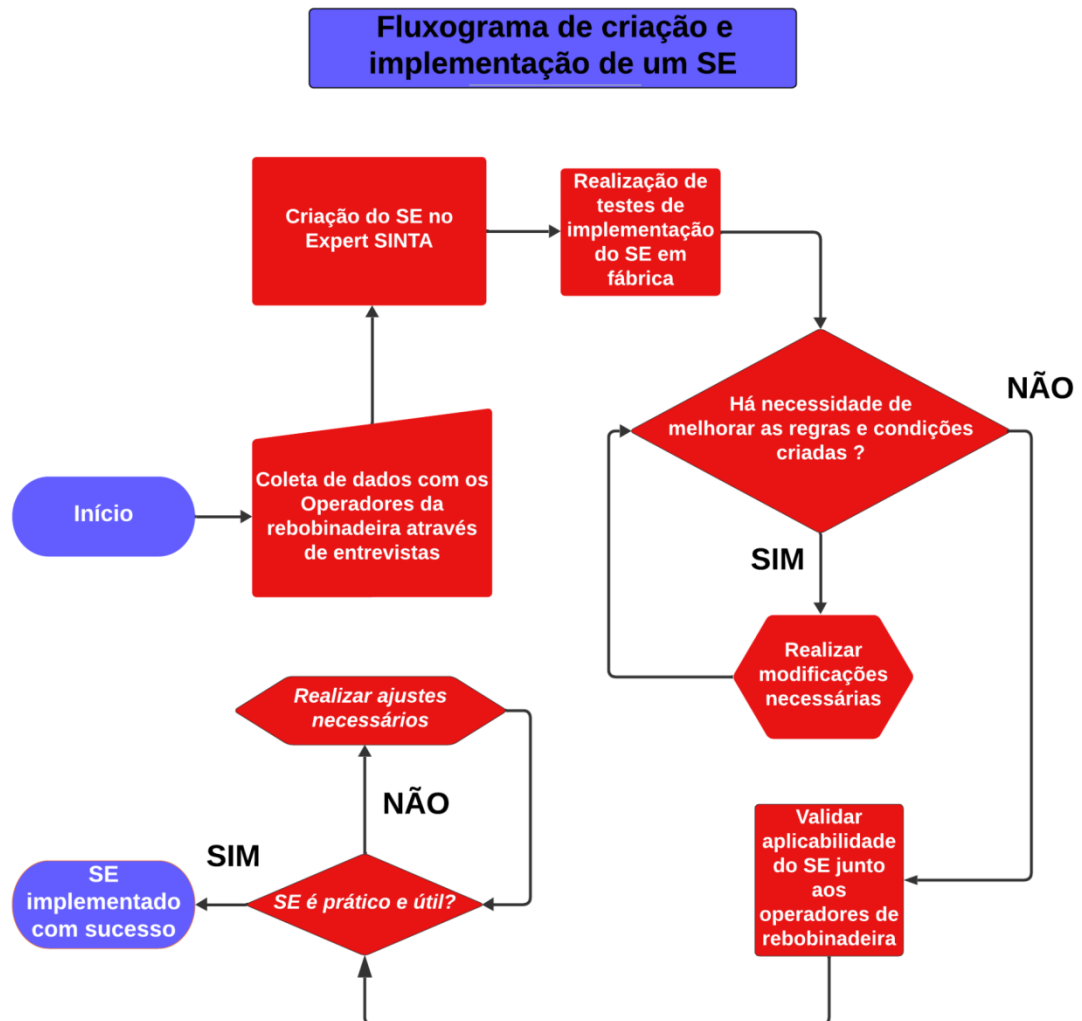
O desenvolvimento de um SE para o auxílio na operação de rebobinadeiras segue uma metodologia estruturada, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 5. O processo se inicia com a coleta de dados junto aos operadores da rebobinadeira por meio de entrevistas, visando obter informações detalhadas sobre os desafios enfrentados e as condições de operação.

Com base nesses dados, procede-se à criação do SE utilizando a ferramenta Expert SINTA (DE MELO, 2021). Após essa etapa, o sistema passa por uma fase de testes de implementação na fábrica, onde é avaliado seu desempenho em um ambiente real de operação.

Durante essa fase de testes, verifica-se a necessidade de ajustes no sistema. Caso as regras e condições definidas precisem ser aprimoradas, são realizadas modificações e, em seguida, a aplicabilidade do SE é validada novamente junto aos operadores da rebobinadeira. Esse ciclo de ajustes pode ocorrer diversas vezes até que o sistema atenda satisfatoriamente às necessidades operacionais.

Após as melhorias necessárias, o próximo passo é avaliar se o SE é prático e útil para os operadores. Se necessário, ajustes adicionais são realizados para garantir a eficiência do sistema. Uma vez que o sistema atende aos critérios esperados, ele é implementado com sucesso na operação da rebobinadeira.

Figura 5 - Fluxograma de etapas de desenvolvimento do SE



Fonte: Elaborado pelo autor, (2025).

4.1 Coleta de Informações com os Operadores

Para compreender os desafios e necessidades operacionais do sistema automático de facas na rebobinadeira, foram conduzidas entrevistas com operadores experientes.

No total foram realizadas 23 perguntas para 11 operadores de rebobinadeira. O objetivo foi obter informações que auxiliem na construção do SE, garantindo que ele reflita as principais dificuldades enfrentadas e as melhores práticas adotadas.

As perguntas abordaram aspectos como tempo de experiência, familiaridade

com o sistema, desafios operacionais, dificuldades percebidas, manutenção e possíveis melhorias. A seguir, são apresentadas algumas das principais perguntas realizadas na etapa de entrevistas:

1. Há quanto tempo você trabalha como operador na rebobinadeira com sistema de facas?
2. Com que frequência ocorrem paradas não programadas ou interrupções na produção devido a problemas no sistema automático de facas?
3. Existem procedimentos de manutenção preventiva atualmente em vigor para o sistema automático de facas? Se sim, esses procedimentos são eficazes na prevenção de falhas?

As respostas coletadas serviram como base de conhecimento para o SE, implementado no software Expert SINTA. Como citado, o Expert SINTA requer a definição de uma variável-objetivo. A variável-objetivo escolhida foi nomeada como *Sistema Zscada* (uma analogia ao software responsável pelo controle e automação das facas da rebobinadeira) e será explanada a seguir.

4.2 Variáveis-Objetivo e Regras

Para a variável *Sistema Zscada* foram definidos 24 valores de estado, esses valores, serão os resultados de resposta finais que vão aparecer na tela após a execução do SE pelos operadores.

As lógicas proposicionais foram modeladas utilizando a estrutura condicional SE-ENTÃO, possibilitando o desenvolvimento de regras que auxiliam o operador na identificação do estado atual do sistema com base nas respostas fornecidas pelo programa. A seguir, são apresentados alguns exemplos das lógicas condicionais modeladas:

Regra 1

Se QUANTIDADE DE BOBINAS < 12

Então SISTEMA ZSCADA = HABILITADO PARA FUNCIONAR.

Regra 2

Se QUANTIDADE DE BOBINAS > 12

Então SISTEMA ZSCADA = NÃO ESTÁ FUNCIONANDO - A QUANTIDADE DE BOBINAS É MAIOR QUE O NÚMERO DE FACAS DISPONÍVEIS.

Regra 3

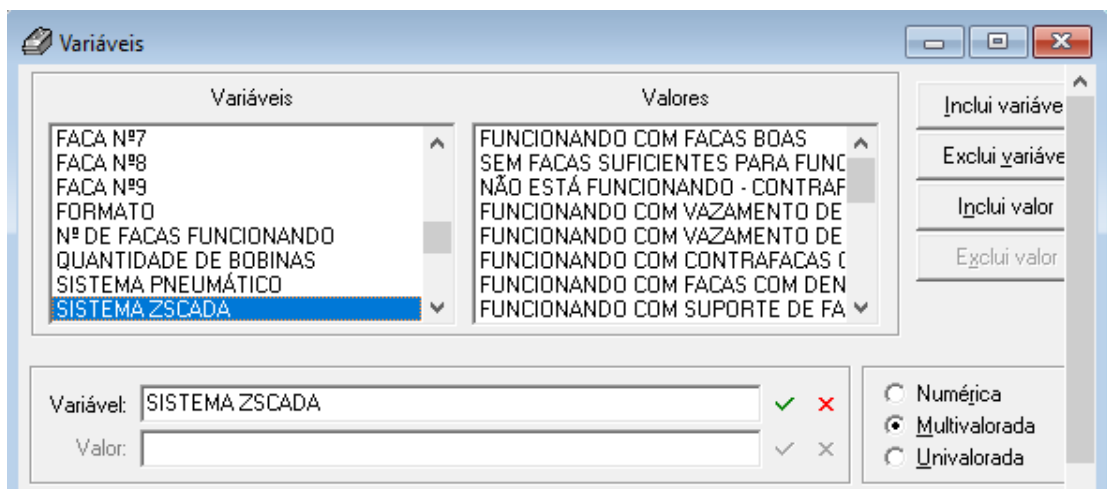
Se QUANTIDADE DE BOBINAS = 2

e N° DE FACAS FUNCIONANDO >= 2

Então SISTEMA ZSCADA = COM FACAS SUFICIENTES PARA FUNCIONAR.

A Figura 6 apresenta a tela do software com os 24 estados que modelam a variável *Sistema Zscada*.

Figura 6 - Variável-objetivo e valores atribuídos a ela.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

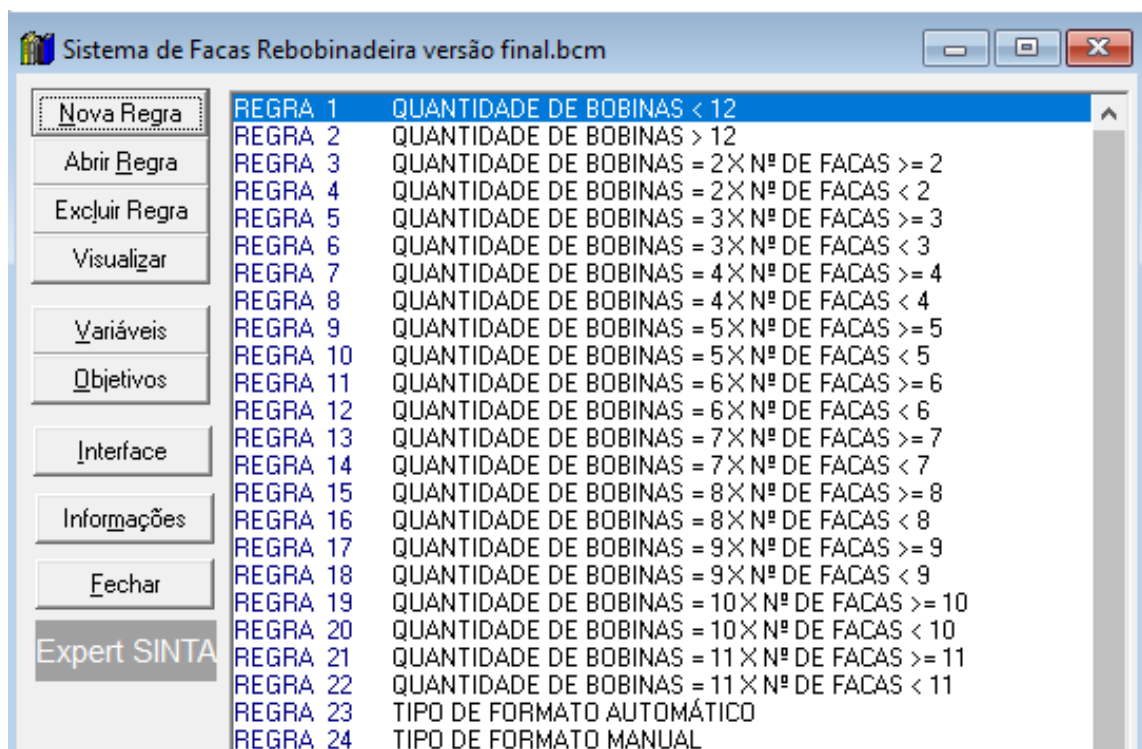
4.3 Implementação das Regras

No modelo final, foram criadas um total de 160 regras, baseadas nos dados coletados durante as entrevistas, para estruturar o funcionamento do SE. No entanto, para alcançar a versão final com essas 160 regras operacionais, o SE passou por várias versões anteriores, com um número menor de regras. Como o SE não estava atingindo todos os resultados esperados, ele foi implementado e

ajustado até que a versão final fosse alcançada. A Figura 7 apresenta algumas das regras já implementadas em software. Tais regras guiam os operadores na realização de diagnósticos e verificações nos principais componentes do sistema, como:

- Qualidade da afiação de facas reaproveitadas;
- Condições de contrafacas (reaproveitadas e novas);
- Estado dos suportes das facas;
- Funcionamento do sistema pneumático;
- Quantidade de facas ativas no sistema;
- Monitoramento da produção de bobinas.

Figura 7 - Tela das regras criadas no Expert SINTA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

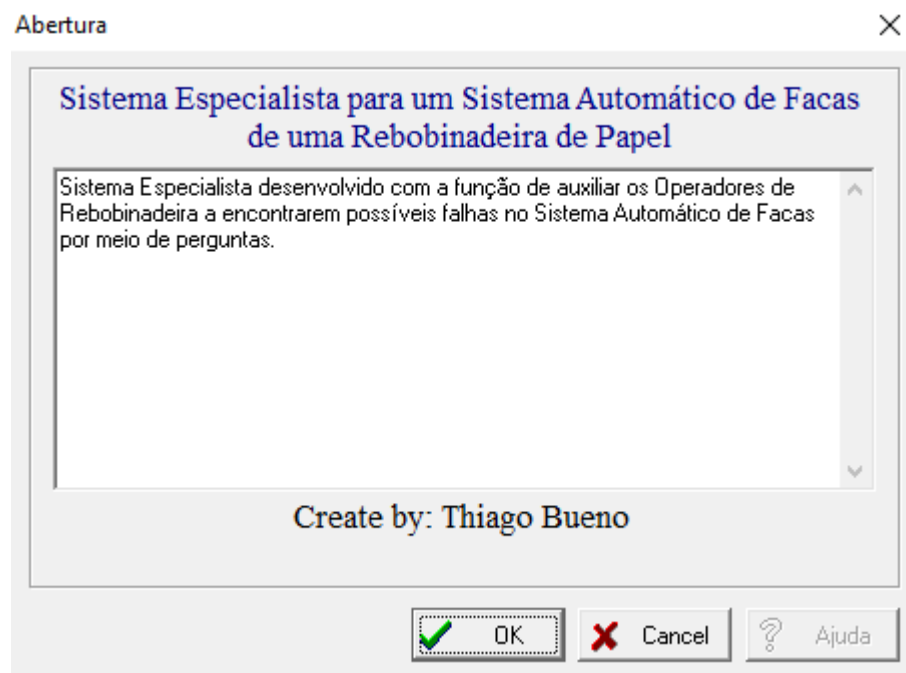
4.4 Validação do SE

Para realizar a validação foram realizados testes de funcionamento do SE por alguns operadores da rebobinadeira que estão em contato diariamente com o sistema automático de facas.

Os testes têm como objetivo verificar se o SE é capaz de atingir todos os resultados esperados, otimizar o tempo de operação do sistema automático de facas e identificar rapidamente o componente responsável por eventuais falhas.

A metodologia de teste aqui apresentada será baseada na apresentação do diagnóstico de um problema usual e crítico no sistema automatizado de facas. Os operadores relataram que quando esse problema acontece, o SAF fica inoperante por muito tempo podendo ocasionar uma eventual parada na máquina de papel. Ao iniciar o software, o primeiro passo é a apresentação da tela de boas-vindas, conforme Figura 8:

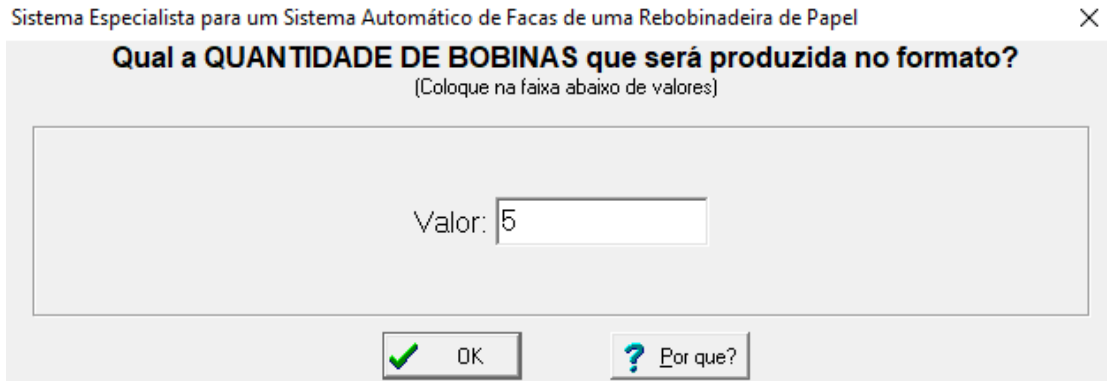
Figura 8 - Tela de apresentação do SE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O próximo passo é o operador inserir os dados de *setup* da rebobinadeira, como a quantidade de bobinas, conforme mostrado na Figura 9. Com isso, o SE bloqueia as regras não aplicáveis, tornando os diagnósticos mais precisos.

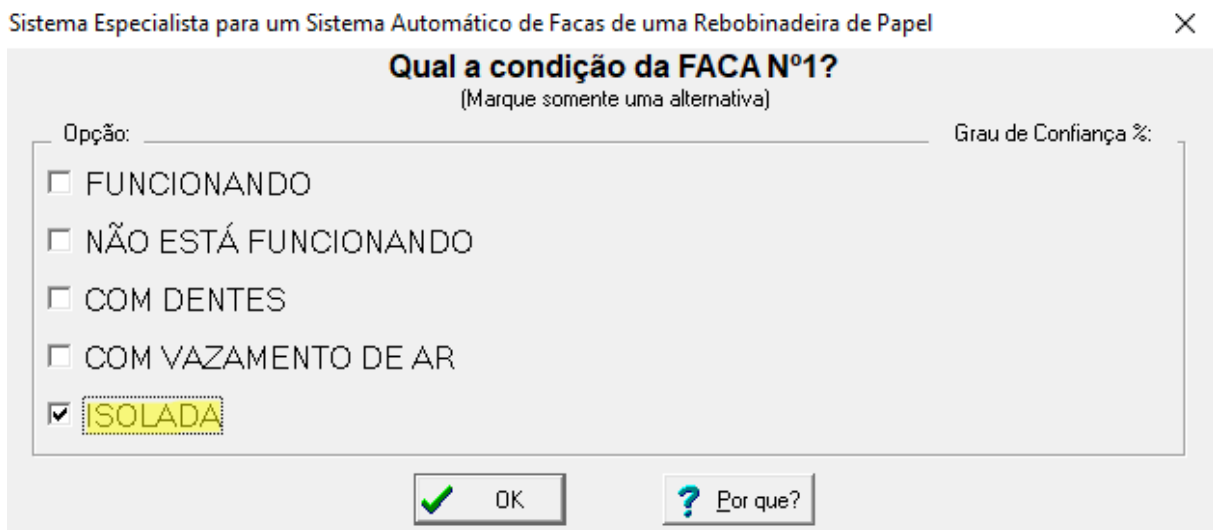
Figura 9 - Tela com exemplo de um dos *setups* da rebobinadeira.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nessa etapa, o operador também insere no SE os sintomas apresentados pela máquina, como o exemplo da faca nº1, mostrado na Figura 10:

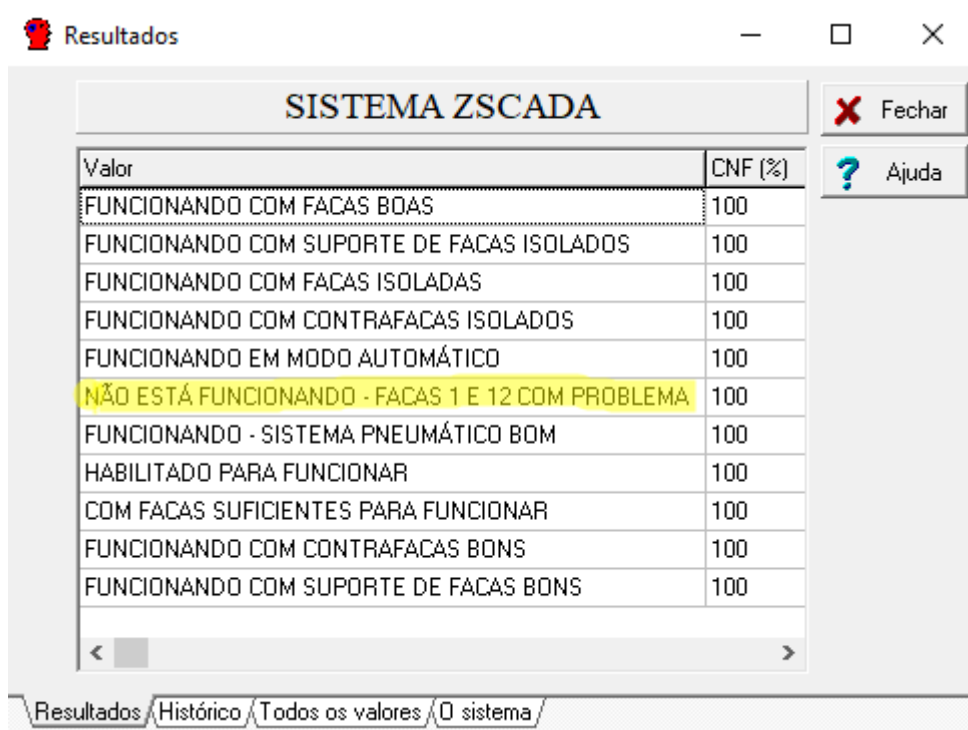
Figura 10 - Tela para entrada dos sintomas do sistema com falha observados pelo operador.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nesse momento, o SE aplica todas as regras programadas e exibe, em uma tela específica (Figura 11), os resultados encontrados. Com base na configuração exemplo apresentada na Figura 10, o SE indicou ao operador que a causa provável do problema é o isolamento da faca nº 1. Isso impede o funcionamento do sistema, pois as facas nº 1 e nº 12 são essenciais para o corte das laterais (*refile*) do jumbo rolo. A variável CNF representa a confiabilidade, ou seja, o percentual de regras que convergiram para o diagnóstico.

Figura 11 - Tela com o diagnóstico do SE para a situação exemplo.



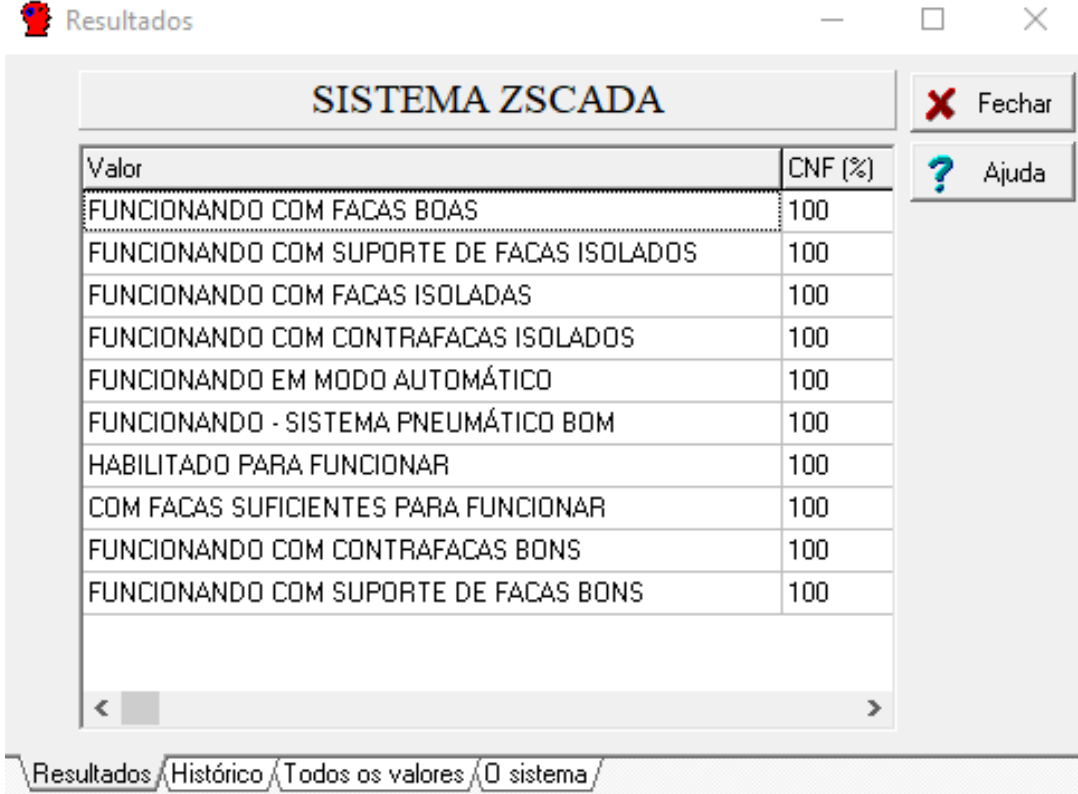
Valor	CNF (%)
FUNCIONANDO COM FACAS BOAS	100
FUNCIONANDO COM SUPORTE DE FACAS ISOLADOS	100
FUNCIONANDO COM FACAS ISOLADAS	100
FUNCIONANDO COM CONTRAFACAS ISOLADOS	100
FUNCIONANDO EM MODO AUTOMÁTICO	100
NÃO ESTÁ FUNCIONANDO - FACAS 1 E 12 COM PROBLEMA	100
FUNCIONANDO - SISTEMA PNEUMÁTICO BOM	100
HABILITADO PARA FUNCIONAR	100
COM FACAS SUFICIENTES PARA FUNCIONAR	100
FUNCIONANDO COM CONTRAFACAS BONS	100
FUNCIONANDO COM SUPORTE DE FACAS BONS	100

Resultados / Histórico / Todos os valores / O sistema

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Por fim, a Figura 12 apresenta o retorno do SE quando não há anomalias e o sistema de corte automático opera normalmente.

Figura 12 - Tela de resultados do SE com todas as condições OK.



The screenshot shows a window titled 'Resultados' with a sub-header 'SISTEMA ZSCADA'. It contains a table with two columns: 'Valor' and 'CNF (%)'. All values in the 'CNF (%)' column are 100. The table is scrollable, and there are navigation buttons at the bottom: 'Resultados', 'Histórico', 'Todos os valores', and 'O sistema'. There are also 'Fechar' and 'Ajuda' buttons on the right side of the window.

Valor	CNF (%)
FUNCIONANDO COM FACAS BOAS	100
FUNCIONANDO COM SUPORTE DE FACAS ISOLADOS	100
FUNCIONANDO COM FACAS ISOLADAS	100
FUNCIONANDO COM CONTRAFACAS ISOLADOS	100
FUNCIONANDO EM MODO AUTOMÁTICO	100
FUNCIONANDO - SISTEMA PNEUMÁTICO BOM	100
HABILITADO PARA FUNCIONAR	100
COM FACAS SUFICIENTES PARA FUNCIONAR	100
FUNCIONANDO COM CONTRAFACAS BONS	100
FUNCIONANDO COM SUPORTE DE FACAS BONS	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização dos testes, conclui-se que o SE atingiu todos os objetivos propostos, contribuindo como uma ferramenta para otimizar o trabalho diário com o sistema automático de facas. Maiores detalhes dos testes realizados não podem ser expressos devido à confidencialidade exigida pela empresa. Entretanto, os relatos dos operadores indicam que o tempo de máquina parada foi reduzido, em média, em cerca de 10 minutos, o que ocasiona uma redução estimada de 2% na ociosidade da máquina. É importante acrescentar que esse valor é resultado dos testes iniciais do SE na rebobinadeira. Com o uso mais constante do SE e o aumento das informações coletadas, a redução do índice de máquina parada tende a ser ainda

maior.

Este estudo abordou o desenvolvimento de um SE para o sistema automático de facas de uma rebobinadeira em uma máquina de papel, analisando os principais problemas do sistema a partir das informações obtidas com os operadores. A pesquisa mostrou que, com a implementação do SE e seu uso contínuo pelos operadores, o tempo improdutivo tende a redução quando comparado ao período anterior à sua implementação. Os resultados obtidos evidenciam a importância do uso de SEs no ambiente fabril, especialmente em relação à otimização do tempo e aumento da produtividade.

Com base nas informações apresentadas, algumas questões abrem espaço para investigações futuras, sugerindo que novos estudos sejam realizados com o intuito de aprimorar a precisão dos SEs em áreas fabris. Por exemplo, a implementação de um banco de regras colaborativo, no qual os operadores poderiam cadastrar novos problemas. Isso resultaria em um sistema mais dinâmico e adaptável, capaz de lidar com anomalias e comportamentos observados em tempo real, facilitando a manutenção e reduzindo ainda mais os tempos de inatividade.

Por fim, espera-se que esta pesquisa contribua para um melhor aproveitamento dos sistemas automáticos em áreas fabris, auxiliando profissionais e pesquisadores no aprofundamento do tema e na aplicação dos conhecimentos adquiridos.

6 REFERÊNCIAS

AURELIANO, Joseph Keven. DISPONIBILIDADE: melhoria mecânica para rebobinadeira de papel térmico, 2023.

BRÁSIA. Rebobinadeira de papel 1000 mm. Disponível em: <<https://www.brasialtda.com.br/produtos/rebobinadeiras/rebobinadeira-para-papel-1000mm>>. Acesso em 08/03/2025, às 14h.

CAMPBELL, Deirdre. Mario Cotta Cutting Solutions Training. Disponível em: <<https://slideplayer.com/slide/11769921/>>. Acesso em 08/03/2025, às 15h.

DE AGUIAR, Dimas Campos; SALOMON, Valério Antônio Pamplona. Aplicação de sistema especialista nebuloso para a avaliação de pesquisa de satisfação de clientes de uma indústria automotiva. Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas, n. 3, p. 59-59, 2010.

DE MELO, José Damião et al. Sistema especialista para o domínio do Licenciamento Ambiental: estudo de caso com Shell Expert Sintia. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 4297-4313, 2021.

ÉPOCA NEGÓCIOS. Klabin toma decisão sobre 2ª fase de Puma 2, investimento adicional será de R\$ 2,6 bilhões. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2021/05/klabin-toma-decisao-sobre-2-fase-de-puma-2-investimento-adicional-sera-de-r-26-bilhoes.html>>. Acesso em 08/03/2025, às 16h.

FREITAS, Giovane Reis de, et al. Sistema Especialista Para Recomendar Seriadados. XVII Seminário Internacional de Educação no Mercosul. Disponível em: <<https://home.unicruz.edu.br/mercosul/pagina/anais/2015/1%20-%20ARTIGOS/SISTEMA%20ESPECIALISTA%20PARA%20RECOMENDAR%20SERIADOS.PDF>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.

FURNAX. Rebobinadeira de papel. Disponível em:

<<https://www.furnax.com.br/p/rebobinadeira-de-papel-slpa>>. Acesso em 08/03/2025, às 17h.

KERSCHBAUMER, Ricardo. Sistemas Especialistas. Instituto Federal Catarinense, Câmpus Luzerna, 2018. Disponível em <<https://professor.luzerna.ifc.edu.br/ricardo-kerschbaumer/wp-content/uploads/sites/43/2018/02/3-Sistemas-Especialistas.pdf>>.

Acesso em: 04/11/2024, às 21 horas.

LIA: LABORATÓRIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. Expert SINTA versão 1.1. Uma ferramenta visual para a criação de sistemas especialistas, manual do usuário. Disponível em <<https://www.cin.ufpe.br/~fab/expert-sinta/manual.pdf>>. Acesso em: 09 de novembro de 2024.

MARIO COTTA. Disponível em: <<https://www.mariocotta.com.br/>>. Acesso em: 08 de março de 2025, às 20h.

PEREIRA, José Clarindo. Estudo de caso para aplicação das ferramentas de manutenção na rebobinadeira de papel na indústria papeleira, 2023.

SANTOS, Fernanda Maria da Cunha; SILVA, Ivan Nunes da; SUETAKE, Marcelo. Sobre a aplicação de sistemas inteligentes para diagnóstico de falhas em máquinas de indução-uma visão geral. Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automática, v. 23, p. 553-569, 2012.

SOUTO, Kelling Cabral. Sistema Especialista em Lógica Nebulosa para Cálculo em Tempo Real de Indicadores de Desempenho e Segurança na Monitoração de Usinas Nucleares. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal do Rio de Janeiro em Rio de Janeiro, 2005.

XAVIER, Maurison Sérgio Gadelha. Tecnologias de informação na contabilidade gerencial para a tomada de decisão: uma revisão de literatura. 2022.