

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

Análise de riscos e procedimentos operacionais:

Proposta de adequação de uma máquina de ensaio Charpy à norma NR-12

Giovani Machado da Silva

Pindamonhangaba - SP

2020

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

Análise de riscos e procedimentos operacionais:

Proposta de adequação de uma máquina de ensaio Charpy à norma NR-12

Giovani Machado da Silva

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

Área de Concentração: Manutenção.

Orientadora: Prof^ª Ma. Lúcia de Almeida Ribeiro

Pindamonhangaba - SP

2020

Si381a Silva, Giovani Machado da.
Análise de riscos e procedimentos operacionais: proposta de adequação de uma máquina de ensaio Charpy à norma NR-12 / Giovani Machado da Silva / FATEC Pindamonhangaba, 2020.
54f.; il.

Orientadora: Professora Mestre Lúcia de Almeida Ribeiro
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. 2020

1. Análise de risco. 2. Manutenção industrial. 3. Segurança do trabalho. 4. Estado da técnica. I. Silva, Giovani Machado da. II. Ribeiro, Lúcia de Almeida. III. Título.

CDD 621

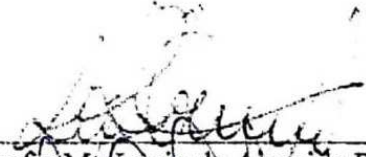
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

Análise de riscos e procedimentos operacionais:


Proposta de adequação de uma máquina de ensaio Charpy à norma NR-12

Giovani Machado da Silva


Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.



Prof.ª Ma. Lucia de Almeida Ribeiro
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba



Prof. Me. Luiz Otávio de Oliveira Arouca
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba



Eng.º Daniel Jorge Dias
NK Tesla Engenharia Elétrica

Pindamonhangaba, 02 de Julho de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha família, que me incentivou à voltar para uma sala de aula após 22 anos.

AGRADECIMENTO

Aos meus amigos, dentro e fora da faculdade, que de várias formas contribuíram com minha caminhada nesses três anos.

À minha orientadora, Prof^a Ma. Lúcia de Almeida Ribeiro, por me apresentar esse projeto e confiar em meu potencial para poder desenvolvê-lo.

O método científico é comprovado e verdadeiro.
Não é perfeito, é apenas o melhor que temos.
Abandoná-lo, junto com seus protocolos céticos,
é o caminho para uma idade das trevas.

Carl Sagan

SILVA, G.M. **Análise de riscos e procedimentos operacionais: proposta de adequação de uma máquina de ensaio Charpy à norma NR 12.** 2020. 54 p. Trabalho de Graduação (Curso de Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2020.

RESUMO

Quando se trata da aplicação de sistemas de segurança em máquinas e equipamentos, em primeiro lugar, deve se falar na Norma Regulamentadora 12. Ela, em conjunto com outras normas, ajuda a estabelecer parâmetros para que os novos projetos possam ser idealizados de forma a proporcionar mais segurança ao trabalhador. Contemplando uma abordagem que vai desde a adequação do piso, do sistema elétrico, aspectos ergonômicos e até mesmo a manutenção, a norma permite, inclusive, que máquinas construídas fora de seus padrões possam ser normalizadas. A partir desta afirmação, se desenvolveu este trabalho. Visando garantir a segurança dos alunos e profissionais, foi feita uma análise de risco em uma máquina de ensaio de impacto Charpy, localizada em um laboratório de ensaios mecânicos de uma instituição de ensino superior, do Vale do Paraíba. Apesar de já possuir uma grade instalada em volta da máquina, para evitar o contato com o pêndulo, alguns alunos foram vistos se arriscando, tentando pará-lo com a mão. Com a ajuda da análise de riscos, do método HRN, e de entrevistas com os profissionais da instituição envolvidos na operação da máquina, foram levantados os riscos e as não conformidades que abrangem o ensaio de impacto nessa escola. Os riscos foram considerados, em sua maioria, altos, e foram sugeridas várias ações para que sejam minimizados, incluindo uma demarcação de segurança no piso ao redor da máquina e também a instalação de um sistema de intertravamento que impeça o acionamento do pêndulo com o portão da grade aberto. O desenvolvimento desse sistema foi feito atendendo ao Estado da Técnica, devido ao fato do intertravamento interferir na obtenção do resultado do ensaio em uma situação específica. Também foi notada durante o levantamento de não conformidades, a falta de um plano de manutenção mecânica e elétrica para a máquina, que também é sugerido por este trabalho. Espera-se que a análise de risco apresentada nesta pesquisa possa ser usada em outros equipamentos da instituição, que estejam na mesma situação.

Palavras-chave: Análise de risco. Manutenção industrial. Segurança do trabalho. Estado da técnica.

SILVA, G. M. Risk assessment and operational procedures: proposal for adequacy of a Charpy testing machine to the NR 12 standard. 2020. 54 p. Graduation Project (Industrial Maintenance course). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2020.

ABSTRACT

When it comes to the application of safety systems in machinery and equipment, first of all, mention should be made of Regulatory Standard 12. It, together with other standards, helps to establish parameters so that new projects can be idealized in order to provide more safety to the worker. Contemplating an approach that ranges from the adequacy of the floor, the electrical system, ergonomic aspects and even maintenance, the standard also allows that machines built outside its patterns, to be standardized. Based on this statement, this work was developed. In order to ensure the safety of students and professionals, a risk analysis was performed on a Charpy testing machine, located on a mechanical testing laboratory at a higher education institution in the Paraíba Valley. Despite already having a grid installed around the machine to avoid contact with the pendulum, some students have been seen taking risks, trying to stop it by hand. With the help of risk analysis, the HRN method, and interviews with the institution's professionals involved in the operation of the machine, the risks and non-conformities that comprise the impact test were raised. The risks were considered, in their majority, high, and several actions were suggested to be minimized, including a safety demarcation on the floor around the machine and also the installation of an interlocking system that prevents the pendulum from activating with the grid's gate open. The development of this system was made taking into account the State of the Art, due to the fact that the interlock interferes in obtaining the test result in a specific situation. It was also noted during the survey of non-conformities, the lack of a mechanical and electrical maintenance plan for the machine, which was suggested by this work, as well. It is expected that the risk analysis presented in this research can be used in other equipments of the institution, which are in the same situation.

Keywords: Risk analysis. Industrial maintenance. Workplace safety. State of the art.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Normas que se relacionam com a NR 12	18
Quadro 2 - Índice GPL	26
Quadro 3 - Índice FE	26
Quadro 4 - Índice PO	27
Quadro 5 - Índice NP	27
Quadro 6 - Classificação do grau de risco HRN	28
Quadro 7 - Dados do equipamento	33
Quadro 8 - Plano de manutenção	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sequência da elaboração da análise de risco	20
Figura 2 - Matriz de segurança	24
Figura 3 - Determinação do grau de risco utilizando a matriz de segurança	25
Figura 4 - Corpos de prova mais usados no ensaio de impacto	30
Figura 5 - Desenho esquemático de um martelo pendular para ensaio de impacto	31
Figura 6 - Sensor de segurança e relé de parada de emergência	32
Figura 7 - Determinação de categoria de risco da máquina de ensaio Charpy	34
Figura 8 - Exemplo de instalação da placa de acrílico.....	46
Figura 9 - Exemplo de demarcação no piso.....	47
Figura 10 - Exemplo de fixação dos componentes.....	48
Figura 11 - Esquema elétrico do sistema de intertravamento	53
Figura 12 - Modelos de atuadores para chave de segurança	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Determinação do grau de risco da primeira operação.....	36
Tabela 2 - Determinação do grau de risco da segunda operação.....	38
Tabela 3 - Determinação do grau de risco da terceira operação.....	40
Tabela 4 - Determinação do grau de risco da quarta operação.....	42
Tabela 5 - Determinação do grau de risco da quinta operação.....	44

LISTA DE ABREVIACOES

ABIMAQ – Associação Brasileira da Indstria de Máquinas e Equipamentos

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – American Society for Testing and Materials

DIN – Deutshes Institute für Normung

FE – Frequência de Exposição

FIBRA – Federação das Indstrias do Distrito Federal

FIESP – Federação das Indstrias do Estado de São Paulo

GPL – Grau de Perda ou Lesão

HRN – Hazard Rating Number

ISO – International Organization for Standardization

MTb – Ministério do Trabalho

NP – Número de Pessoas Envolvidas

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NR - Norma Regulamentadora

PO – Probabilidade de Ocorrência

SESI – Servio Social da Indstria

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 A NORMA REGULAMENTADORA 12	17
2.2 AVALIAÇÃO DE RISCOS.....	19
2.2.1 Classificação da categoria de risco.....	20
2.2.1.1 Categoria B	21
2.2.1.2 Categoria 1	21
2.2.1.3 Categoria 2	21
2.2.1.4 Categoria 3	22
2.2.1.5 Categoria 4	22
2.2.2 Seleção das categorias de risco e Matriz de Segurança	23
2.2.2.1 Severidade do ferimento – S1 e S2	23
2.2.2.2 Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo – F1 e F2	24
2.2.2.3 Possibilidade de evitar o perigo – P1 e P2	24
2.2.3 Método HRN – Hazard Rating Number	25
2.2.3.1 Grau máximo de perda ou lesão – GPL	25
2.2.3.2 Frequência de exposição – FE	26
2.2.3.3 Probabilidade de ocorrência – PO	27
2.2.3.4 Número de pessoas envolvidas – NP	27
2.2.3.5 Determinação do grau de risco – HRN.....	28
2.3 Estado da técnica	28
2.4 Ensaio de impacto	29
2.5 Chave de segurança	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 Coleta de dados	33
3.2 Determinação da categoria de risco da máquina	34
3.3 Determinação do grau de risco das operações	35
3.3.1 Grau de risco do posicionamento do corpo de prova	39

3.3.2 Grau de risco do acionamento do pêndulo	37
3.3.3 Grau de risco da manutenção mecânica	39
3.3.4 Grau de risco manutenção elétrica	41
3.3.5 Grau de risco do acionamento do pêndulo para ensaio com nitrogênio	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5 CONCLUSÃO	50
6 REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE A Sistema de intertravamento	53
APÊNDICE B Sugestão de modelo de plano de manutenção.....	54

1 INTRODUÇÃO

A NR-12 é uma ferramenta fundamental para a implantação de dispositivos e regras de segurança em máquinas e equipamentos, desde o projeto, até a sua execução. Tais cuidados visam sempre assegurar a integridade física e a saúde dos operadores, não apenas durante o processo de produção, mas também na manutenção. Sempre se leva em conta o fato de que o profissional estará devidamente capacitado para operar o equipamento, conhecendo previamente os seus riscos. Porém, existe o fato de que nem sempre o operador é alguém com experiência de fábrica, e também, que a máquina pode não estar localizada num ambiente fabril, e sim, numa escola. Para tanto, a implantação da NR-12 utiliza princípios descritos nas normas NBR ISO 12100 e NBR 14153, conforme visto por Santos Junior e Zangirolami (2015).

O equipamento em questão é uma máquina de ensaio de impacto Charpy, que se encontra no laboratório de ensaios mecânicos de uma instituição de ensino superior do Vale do Paraíba. Apesar de possuir um sistema de acionamento automatizado, foi observado que alguns alunos, e até mesmo profissionais, estão se expondo à um risco de fratura, tentando parar o pêndulo da máquina com a mão, após realizado o teste.

Algumas medidas foram previamente tomadas para se limitar o acesso à parte móvel da máquina, mas se mostraram insuficientes. Por exemplo, confeccionou-se uma grade que foi instalada em volta da máquina, com um portão que dá acesso ao pêndulo durante o posicionamento do corpo de prova. O mesmo deveria se encontrar fechado durante a realização do ensaio, porém, esse cuidado não está sendo observado. Notou-se também que durante o ensaio, alguns corpos de prova quando se partem, acabam sendo lançados para fora da máquina como um projétil. Por esse motivo, viu-se a necessidade em se implantar um modelo de segurança.

O presente trabalho procurou avaliar os riscos, não conformidades e os procedimentos adotados durante a operação do equipamento e propor um projeto de adequação da máquina à NR-12, seguindo as etapas estabelecidas na norma. Desde a fase preliminar do projeto está sendo considerada a criação de um sistema com uma chave de intertravamento, que impossibilitaria o funcionamento da máquina com o portão aberto. Tal sistema seria implantado de acordo com o resultado da avaliação de risco, e está sendo visto como um item de segurança fundamental.

A pesquisa foi realizada buscando-se material bibliográfico referente à norma e sua aplicação, sobre o ensaio Charpy e sistemas de intertravamento. Depois, com os dados da avaliação de risco, buscar propor soluções para a diminuição dos mesmos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A norma regulamentadora 12

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2019), a NR-12 e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais NRs aprovadas pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis. A norma passou por várias atualizações ao longo dos anos, tendo sido a sua última revisão publicada em 31 de julho de 2019. A NR-12 tem força de lei, e como salienta a Federação das Indústrias do Distrito Federal (FIBRA, 2015; p. 13), o não cumprimento da norma pode gerar sanções, multas e interdição da máquina ou até mesmo de todo o local de trabalho por parte do INSS, prejudicando a imagem da empresa.

A Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ, 2019; p. 3) ressalta que essa nova revisão da norma trouxe muitas vantagens, revogando 123 itens da NR-12 anterior e mantendo 38, acrescentando 29 novos itens que possibilitam esclarecimentos e utilização de medidas alternativas.

Gonçalves (2006, p. 318) lembra que, segundo a NR-12, reparos, limpeza, ajustes e manutenção em máquinas e equipamentos devem ser realizados por pessoas devidamente credenciadas pela empresa, estando as máquinas e equipamentos devidamente paralisados, salvo se o movimento for absolutamente indispensável à sua realização, caso em que a atenção deve ser redobrada. O autor também enfatiza que os protetores removíveis, tais como telas e anteparos, que forem retirados para a execução de serviços de manutenção, devem ser imediatamente recolocados ao término do serviço.

De acordo com o Serviço Social da Indústria (SESI, 2008; p. 19), a NR-12 faz algumas recomendações quanto aos serviços de manutenção. Medidas como sinalizações de emergência sobre os acionamentos, como por exemplo “Perigo – trabalho em andamento”, a retirada de fusíveis e travamento de interruptores são algumas das sugestões. Araújo (2014, p. 814) complementa essa informação, salientando que a sinalização com cartão de emergência deve conter informações como o nome do responsável pela manutenção, o motivo, data e hora. O mesmo

autor ressalta a importância de se colocar travas mecânicas, para que se evite a movimentação das partes articuladas.

Santos Junior e Zangirolami (2015, p. 18), ainda ressaltam uma particularidade da NR-12: ela se relaciona diretamente com outras 18 normas, ou seja, dentro de uma área específica, ainda deve ser observada a aplicação da NR-12. Isso se dá pelo fato de que todos os setores têm máquinas ou equipamentos instalados, tendo, assim, que atender à norma. Outras normas, como a NR-17 (Ergonomia) e a NR-26 (Sinalização de Segurança), servem como referência para a aplicação da NR-12. No Quadro 1, temos a relação dessas normas.

Quadro 1: Normas que se relacionam com a NR - 12

NORMA REGULAMENTADORA	TEMA
NR - 6	Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)
NR - 10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
NR - 11	Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais
NR - 13	Caldeiras e Vasos de Pressão
NR - 14	Fornos
NR - 17	Ergonomia
NR - 18	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
NR - 20	Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis
NR - 22	Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração
NR - 26	Sinalização de Segurança
NR - 29	Segurança e Saúde no Trabalho Portuário
NR - 30	Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário
NR - 31	Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura
NR - 32	Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde
NR - 33	Segurança e Saúde do Trabalho em Espaços Confinados
NR - 34	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval
NR - 35	Trabalho em Altura
NR - 36	Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados

Fonte: Santos Junior e Zangirolami (2015), adaptado pelo autor (2020)

Ainda, segundo os autores, devem ser observados três passos para a aplicação, de forma eficiente, da NR-12 dentro de uma empresa:

Primeiro passo: fazer o levantamento do inventário das máquinas. Com esse levantamento, que inclui o tipo de máquina, o fabricante, sua capacidade, e seu tag, fica mais claro ter uma idéia do que está instalado, facilitando uma análise individual de cada uma delas. Através dessa análise é que será definido se os equipamentos instalados devem passar por adequações, tendo como base uma avaliação de riscos e não conformidades.

Segundo passo: definir as medidas de proteção. É aqui que serão definidos os tipos de proteção a serem instalados, equipamentos de proteção individual e medidas administrativas. Esse passo é geralmente ligado à fase de elaboração do projeto de adequação.

Terceiro passo: capacitar os profissionais envolvidos. Essa é uma etapa que poderá ser antecipada, porém é importante frisar que, caso a máquina passe por mudanças muito profundas, é necessário que o profissional passe por uma reciclagem.

Realizadas essas etapas, pode-se então, passar à Avaliação de Riscos.

2.2 Avaliação de riscos

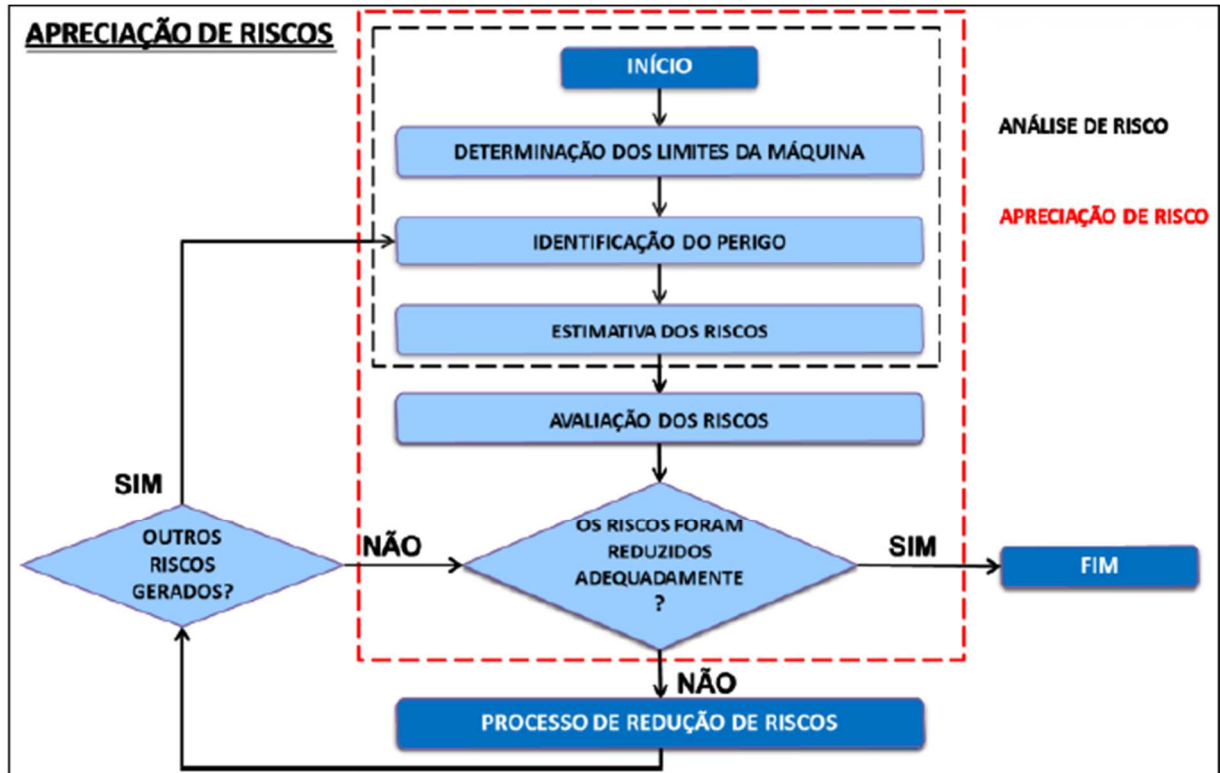
Conforme requisitos recomendados pela ABNT (2013) na norma NBR ISO 12100, a avaliação de risco é implementada em uma sequência de passos lógicos a fim de possibilitar uma avaliação sistemática dos perigos associados com a máquina. Sempre que necessário, a avaliação de risco é seguida pela redução de risco conforme descrito na norma NBR ISO 12100. Quando este processo é repetido, resulta em um processo iterativo para a eliminação tanto quanto possível de perigos e para a implementação de medidas de segurança, o que, para Santos Junior e Zangirolami (2015, p. 32), nada mais é do que antecipar todos os possíveis riscos, podendo dessa forma, apresentar a melhor solução.

O enfoque da metodologia da avaliação de riscos inclui:

- Determinação dos limites de uso da máquina (especificações da máquina);
- Identificação dos perigos;
- Estimativa do risco;
- Análise de risco;
- Avaliação de risco.

A Figura 1, a seguir, mostra a sequência para a elaboração da análise de risco, conforme a NBR 12100:

Figura 1: Sequência de elaboração da análise de risco



Fonte: ABIMAQ (2016)

Seguindo-se a avaliação de riscos, deve-se determinar a categoria de risco, e então, utilizar a metodologia Hazard Rating Number (Número de Avaliação de Perigo), ou HRN, reconhecido por sua eficácia e frequentemente utilizado em análise de risco em máquinas e equipamentos. Os perigos são avaliados individualmente, primeiramente com as medidas de segurança atuais, e posteriormente com as medidas implantadas. Para Santos Junior e Zangirolami (2015, p. 47), a grande vantagem do HRN é que os valores obtidos podem ser traduzidos para a realidade de qualquer empresa.

2.2.1 Classificação da categoria de risco

A classificação da categoria de risco de uma máquina é realizada de acordo com as definições contidas na norma NBR 14153 (ABNT, 2013). O objetivo da classificação da categoria de risco é determinar as exigências mínimas de confiabilidade dos circuitos de segurança, de acordo com nível de risco obtido.

De acordo com a norma, as categorias de risco são classificadas em:

2.2.1.1 Categoria B:

Os componentes que compõem os sistemas de comando relacionadas à segurança, devem ser projetados, construídos, selecionados, montados e combinados de acordo com as normas vigentes e baseados em princípios básicos de segurança, de acordo com a sua aplicação específica, de forma que devem ser resistentes à:

- Fadiga operacional prevista, como por exemplo, a confiabilidade em relação a capacidade e frequência de comutação;
- A influência exercida pelo material que está presente no processo, como por exemplo, detergentes em máquinas de lavar;
- Outras influências externas relevantes, como por exemplo, vibrações mecânicas, campos externos, distúrbios e interrupções no fornecimento de energia.

2.2.1.2 Categoria 1

Aqui se aplicam os requisitos presentes na categoria B e os dessa subseção. Nessa categoria, as partes de comando relacionados aos de sistemas de segurança, devem ser projetadas e construídas utilizando componentes previamente testados, além de princípios de segurança comprovados. Um componente que passou por uma inspeção e foi testado para ser utilizado em um sistema de segurança, apresenta os seguintes requisitos:

- Já foi amplamente utilizado no passado, obtendo bons resultados em situações similares, ou
- Foi construído e atestado segundo princípios que mostram ser um componente confiável para a aplicação em segurança.

2.2.1.3 Categoria 2

Devem ser aplicados os requisitos da categoria B, usados os princípios de segurança comprovados, além dos requisitos estabelecidos a seguir.

As partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, de categoria 2, devem ser projetadas de tal forma que sejam verificados em intervalos adequados pelo sistema de comando da máquina. Essa verificação deve ser feita:

- Na partida da máquina e antes do início de qualquer situação de perigo, e
- Periodicamente durante a operação, se a avaliação do risco e o tipo de operação mostrar que isso é necessário.

O início dessa verificação pode ser automático ou manual. Qualquer verificação das funções de segurança deve:

- Permitir a operação do equipamento se nenhum defeito foi verificado, ou:
- Gerar um sinal de saída, que inicia uma ação apropriada do comando, se um defeito foi verificado.

Sempre que possível este sinal deve comandar um estado seguro. Quando não for possível comandar um estado seguro, como, por exemplo, fusão de contatos no dispositivo final de comutação, a saída deve gerar um aviso do perigo. A verificação por si só não deve levar a uma situação de perigo. O equipamento de verificação pode ser parte integrante, ou não, das partes relacionadas à segurança, que processam a função de segurança. Após a detecção de um defeito ou falha, o estado seguro deve se manter até que o defeito tenha sido eliminado (ABNT, 2019).

2.2.1.4 Categoria 3

Devem ser aplicados os requisitos da categoria B, o uso de princípios comprovados de segurança e os requisitos desta subseção.

Todas as partes relacionadas à segurança de sistemas de comando categoria 3 devem ser projetadas de tal forma que um defeito isolado, em qualquer dessas partes, não leve à perda das funções de segurança. Por conta disso, todos os defeitos devem ser detectáveis.

2.2.1.5 Categoria 4

Devem ser aplicados os requisitos da categoria B, o uso de princípios comprovados de segurança e os requisitos desta subseção.

Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, de categoria 4 devem ser projetadas de tal forma que:

- Uma falha isolada em qualquer dessas partes relacionadas à segurança não leve à perda das funções de segurança, e;
- A falha isolada é detectada antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança, como, por exemplo, imediatamente, ao ligar o comando, ao final do ciclo de operação da máquina. Se essa detecção não for possível, o acúmulo de defeitos não deve levar a perda das funções de segurança.

Se a detecção de certos defeitos não for possível ao menos durante a verificação seguinte a ocorrência do defeito por razões de tecnologia ou engenharia de circuitos, a ocorrência de defeitos posteriores deve ser admitida. Nessa situação, o acúmulo de defeitos não deve levar a perda das funções de segurança. Em resumo, a categoria B exige medidas simples de segurança. A categoria 1 também exige medidas simples, porém com componentes de design seguro. A categoria 2 exige relés de segurança, 3 e 4 exigem, além do relé de segurança, que sejam instaladas redundâncias no sistema. Para a norma NR -12, redundância significa mais de um dispositivo executando a mesma função de segurança no mesmo circuito (ABNT, 2019).

2.2.2 Seleção das categorias de risco e Matriz de Segurança

De acordo com a ABNT (2013), o seguinte método apresentado no Anexo B da NBR 14153 pode ser utilizado para a seleção das categorias de risco, de forma simplificada. O órgão salienta que esse método tem como objetivo apenas estimar a redução do risco, orientando projetistas e elaboradores de normas na escolha da categoria, caso ocorra um defeito. Isso se deve ao fato de ser difícil ou até mesmo impossível quantificar um risco. Todavia, a confiabilidade dos componentes, sua tecnologia e aplicação devem ser levados em consideração.

Alguns parâmetros qualitativos podem ser utilizados em conjunto para auxiliar na graduação de risco (de baixo a alto), conforme mostrado pela ABNT (2013):

2.2.2.1 Severidade do ferimento - S1 e S2

Levando-se em conta um risco em decorrência de um defeito no sistema de comando, considera-se apenas ferimentos leves (que são normalmente reversíveis) e ferimentos sérios (normalmente irreversíveis, incluindo a morte)

Na tomada de decisão, são consideradas as consequências usuais dos acidentes e os processos normais de cura, para que se determine S1 e S2. Contusões ou lacerações sem maiores

complicações são classificadas com S1, em contrapartida, amputação ou morte são classificadas como S2.

2.2.2.2 Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo – F1 e F2

Para se determinar esse parâmetro, não há um período de tempo que seja definido, mas é possível seguir o seguinte caminho para se chegar a uma decisão: caso um ou mais pessoas estejam expostas ao risco continuamente, a escolha é F2, no caso de se ter acesso às ferramentas da máquina ou sua alimentação e movimentação de peças durante toda a sua operação. No caso de o acesso ser apenas momentâneo ou em intervalos de tempos, então a escolha é F1.

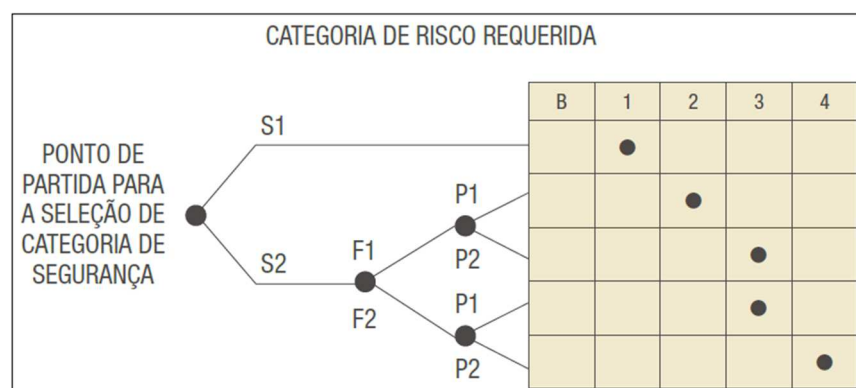
2.2.2.3 Possibilidade de evitar o perigo – P1 e P2

Aqui se leva em conta o quão rápido o perigo é reconhecido, podendo então ser evitado. Ele pode ser reconhecido diretamente por suas características ou por meio de indicadores. Entretanto, outros fatores devem ser considerados, como por exemplo, se a operação está sendo realizada com ou sem supervisão, seja por profissionais ou não; a velocidade com que o perigo surge; a possibilidade de se evitar o perigo, seja por uma intervenção ou por meio de fuga; e claro, a própria experiência com práticas de segurança.

Com base nessas considerações, P1 é a escolha quando há a possibilidade de se evitar o perigo, e P2 será escolhido quando realmente não houver a possibilidade de o perigo ser evitado.

Santos Junior e Zangirolami (2015, p. 40) atestam que se pode usar a Matriz de Segurança, cujo modelo da ABNT está representado na Figura 2, para auxiliar durante a determinação das categorias de risco.

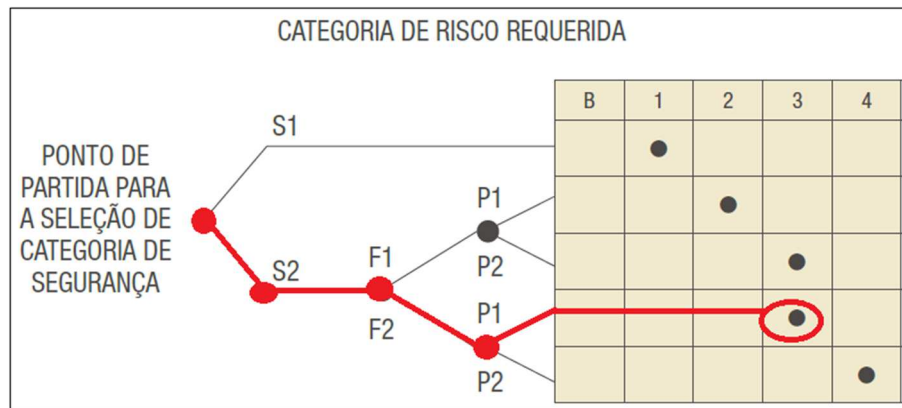
Figura 2: Matriz de segurança



Fonte: ABNT (2013)

Os autores usam como exemplo um torno. A gravidade do ferimento em caso de acidente é S2. Como se trata de uma máquina usada constantemente, a frequência adotada será F2. Por último, a possibilidade de neutralizar o perigo é P1. Com esses dados em mãos, a categoria determinada é três. O caminho seguido é mostrado na Figura 3:

Figura 3: Determinação da categoria de risco utilizando a matriz de segurança



Fonte: ABNT (2013), adaptado pelo autor (2020)

2.2.3 Método HRN – Hazard Rating Number

Segundo a ABNT (2015), a metodologia HRN atende os requisitos descritos nas normas NBR ISO 12100: 2013 – Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto, e ISO 14121-1: 2007 – Safety of machinery – Risk assessment – Part 1: Principles. Também salienta que esse método deve ser aplicado individualmente a cada risco que seja encontrado na máquina. Ou seja, se forem encontrados cinco riscos, deve ser aplicado o HRN a cada um deles separadamente. Santos Junior e Zangirolami (2015, p. 47) salientam que esse método, simples e eficaz, é frequentemente usado no Brasil. Ainda traduzem o termo como Número de Avaliação de Perigo, e além disso, ainda lembram que o mesmo é adaptável para qualquer empresa.

O HRN atribui de forma quantitativa, valores numéricos padronizados aos seguintes índices (SANTOS JUNIOR e ZANGIROLAMI, 2015; p. 47-50).

2.2.3.1 Grau máximo de perda ou lesão – GPL

Refere-se ao resultado pode ocorrer em um acidente, no que diz respeito à lesão, podendo ser o mais simples ser um arranhão e o mais grave, a morte. Sempre deve-se optar pela lesão mais grave, numa análise. Os autores também lembram que essa tabela pode ser adaptada

para ambientes variados. Por exemplo, uma máquina instalada em uma empresa metalúrgica tem como risco máximo um pequeno corte, sendo considerada uma lesão leve. Numa empresa do ramo farmacêutico, o mesmo corte pode acarretar uma contaminação, o que é uma lesão grave. O Quadro 2 mostra os valores desse índice.

Quadro 2: Índice GPL

GRAU MÁXIMO DE PERDA OU LESÃO	
Consequência	Índice GPL
Arranhão, pequeno hematoma, escuriações	0,1
Dilaceração, corte, enfermidade leve (doenças moderadas)	0,5
Fratura leve de ossos, dedos (condição temporária)	1
Fratura grave de ossos, mão, braço, perna (condição temporária)	2
Perda de 1 ou 2 dedos das mãos/pés (condição permanente)	4
Amputação de mãos, perna, perda parcial da audição ou visão (condição permanente)	8
Amputação das 2 mãos, pernas, perda total da audição, visão, olhos (condição permanente)	10
Enfermidade permanente ou crítica	12
Morte	15

Fonte: Santos Junior e Zangirolami (2015), adaptado pelo autor (2020)

2.2.3.2 Frequência de exposição - FE

Esse índice é referente à frequência a que o indivíduo estará exposto ao risco identificado, levando-se em conta o tempo. No Quadro 3, temos os valores que devem ser atribuídos.

Quadro 3: Índice FE

FREQUÊNCIA DE EXPOSIÇÃO	
Período de exposição	Índice FE
Anualmente	0,5
Mensalmente	1
Semanalmente	1,5
Diariamente	2,5
Por hora	4
Constantemente	5

Fonte: Santos Junior e Zangirolami (2015), adaptado pelo autor (2020)

2.2.3.3 Probabilidade de ocorrência – PO

Esse índice se refere à probabilidade de um indivíduo ficar exposto ao risco que a máquina apresenta. No Quadro 4, temos os seus valores:

Quadro 4: Índice PO

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	
Probabilidade	Índice PO
Quase impossível	0,03
Altamente improvável	1
Improvável	2
Alguma chance	5
Provável	8
Muito provável	10
Certeza	15

Fonte: Santos Junior e Zangirolami (2015), adaptado pelo autor (2020)

2.2.3.4 Número de pessoas envolvidas – NP

Nesse índice, temos os valores que são atribuídos em relação ao número de pessoas que estão expostas ao risco, conforme consta no Quadro 5.

Quadro 5: Índice NP

NÚMERO DE PESSOAS ENVOLVIDAS	
Quantidade de pessoas expostas	Índice NP
1 a 2 pessoas	1
3 a 7 pessoas	2
8 a 15 pessoas	4
16 a 20 pessoas	8
Mais de 20 pessoas	12

Fonte: Santos Junior e Zangirolami (2015), adaptado pelo autor (2020)

2.2.3.5 Determinação do grau de risco – HRN

Depois de avaliada a máquina e determinados os seus índices, é então obtido o número que determina o grau de risco, que é determinado a partir do Quadro 6. Para que se obtenha o índice HRN, é necessária a seguinte fórmula:

$$\text{HRN} = \text{GPL} \times \text{FE} \times \text{PO} \times \text{NP}$$

Obtido o resultado, os valores mostrados no Quadro 6 ajudarão na tomada de decisão para que se anule o risco.

Quadro 6: Classificação do grau de risco HRN

GRAU DE RISCO		
HRN	Classificação	Ação recomendada
0 - 1	Aceitável	Risco é aceitável
2 - 5	Muito baixo	Até 1 ano
6 - 15	Baixo	Até 3 meses
16 - 50	Significativo	Até 1 mês
51 - 100	Alto	Até 1 semana
101 - 500	Muito alto	Até 1 dia
Maior que 500	Extremo	Imediato

Fonte: Santos Junior e Zangirolami (2015), adaptado pelo autor (2020)

2.3 Estado da Técnica

Os itens 12.1.9 à 12.1.9.2 da NR 12 tratam do conceito de Estado da Técnica. De acordo com o texto, a aplicação da norma deve levar em consideração limitações técnicas do equipamento e características do processo. Como constatado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2015; p. 4), isso significa que nem sempre é possível alcançar a segurança da máquina por completo. Nesse caso, é preciso alcançar o mais alto nível de segurança possível, de acordo com a construção do próprio equipamento. Ou seja, a segurança deve ser implantada até o ponto em que ela não atrapalhe a obtenção do resultado que se espera da máquina.

Por exemplo, uma grade de proteção que possa interferir na produção, dificultando o andamento do processo.

A segurança conseguida com essa aplicação deve obrigatoriamente ser descrita nos Procedimentos Operacionais, pois o que garante o Estado da Técnica é: o conhecimento técnico operacional dos executantes; a descrição da execução segura da tarefa; e todos os avisos e sinalizações de advertência instalados no equipamento, mostrando o risco que está sob o Estado da Técnica.

2.4 Ensaio de impacto

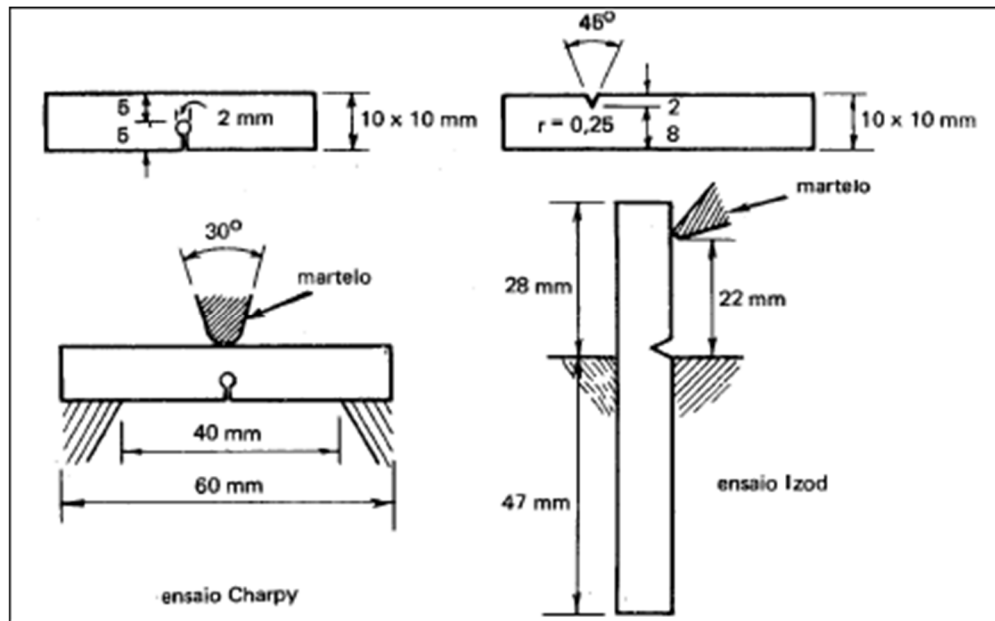
O ensaio de impacto avalia a fragilidade de um material sob condições de alta taxa de deformação (ASKELAND; PHULÉ, 2008; p. 167). Segundo os autores, quando comparado ao teste de tração, as taxas de deformação desse ensaio são bem mais elevadas.

Já Chiaverini (1986, p. 167-170), resume que esse ensaio mede a tenacidade do material, e aponta que os mais comuns são os ensaios Charpy e Izod, realizados com a máquina conhecida como martelo pendular, objeto de estudo deste trabalho. O autor destaca que existem várias outras técnicas e equipamentos para se determinar como os materiais se comportam sob a ação de choque. Aponta, ainda, que outros testes podem ser desenvolvidos ao longo do tempo, devido à grande variedade de fatores que afetam o mecanismo de deformação e ruptura por impacto, tais como composição, forma da amostra sob o ensaio, temperatura, etc.

A diferença entre os ensaios Charpy e Izod, conforme Garcia, Spim e Santos (2015, p. 246), estão na forma do entalhe: “buraco de fechadura” para Charpy e entalhe em “V” para Izod, e também na maneira como os corpos de prova são presos à máquina: horizontal para Charpy, e vertical, no Izod. Chiaverini (1986), ainda salienta que no ensaio Charpy, a face com o entalhe deve estar no sentido oposto ao martelo, enquanto no Izod, o entalhe deve estar de frente para o martelo.

A Figura 4, a seguir, exemplifica as diferenças entre os corpos de prova, quanto às dimensões, posicionamento e ponto de impacto do martelo.

Figura 4: Corpos de prova mais usados nos ensaios de impacto



Fonte: Chiaverini (1986)

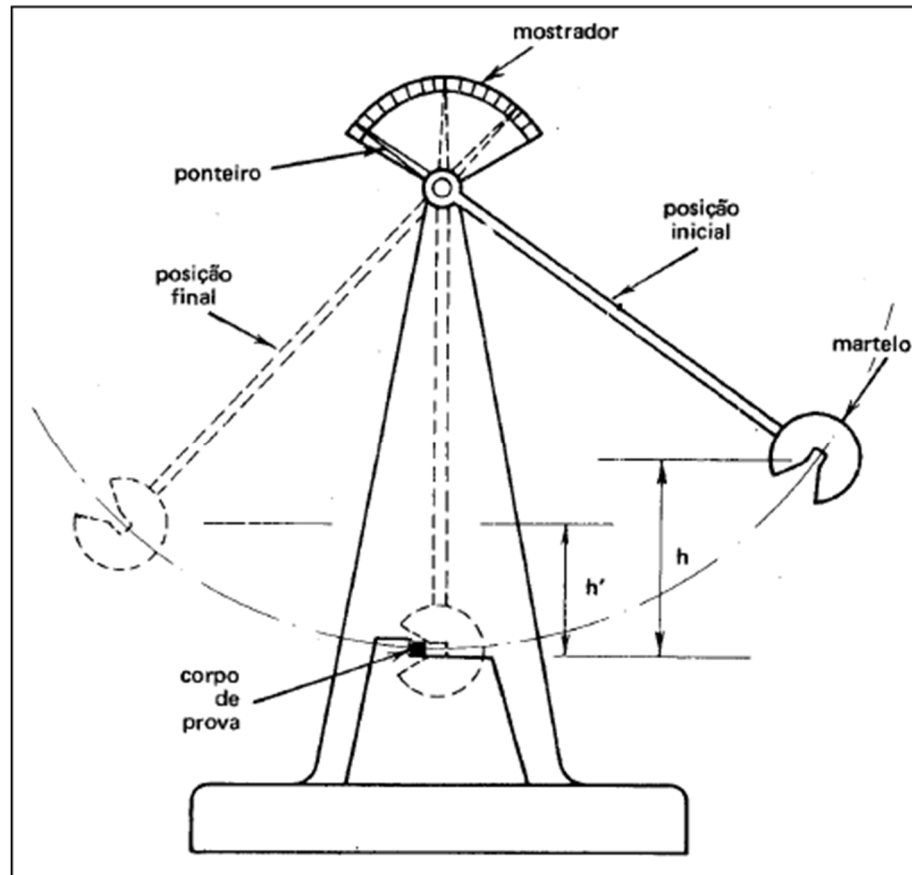
Quanto à realização do ensaio, Chiaverini (1986, p. 171-172), exemplifica da seguinte forma: após o corpo de prova ser preso, o pêndulo, ou martelo, é levado a uma certa altura h , sendo essa a posição onde adquire energia inicial. Depois, ele é liberado, atingindo o corpo de prova, indo até uma altura h' , mais baixa que a inicial, sendo essa a sua altura final, onde terá uma energia final. A diferença entre as duas energias, que pode ser expressa em kgf.m, kgf.cm ou kgf.mm, representa a energia potencial que o material absorve, podendo ser também, expressa em Joules. Esse valor é indicado na escala, ou mostrador, do aparelho.

Garcia, Spim e Santos (2015, p. 246), reforçam que os corpos de prova utilizados no ensaio devem ser padronizados e que o pêndulo precisa ser de uma massa conhecida.

Para Souza (1982, p. 87), uma máquina que foi construída para realizar testes em corpos de prova padronizados pela norma ASTM, tem pouca diferença em relação à máquinas construídas para fazer o mesmo teste em corpos de prova padronizados pelas normas DIN ou ABNT. Levando-se esse fato em consideração, uma mesma máquina não poderia ser utilizada para se fazer ensaios de impacto com corpos de prova padronizados por normas distintas, como ASTM e ABNT. Isso se deve ao fato de que as dimensões e o peso do martelo variam, bem como a distância entre os apoios. Esses detalhes são importantes quando se trata de pesquisa de materiais, porém, no caso de ensaios rotineiros, esses fatores são pouco relevantes.

A seguir, na Figura 5, temos um exemplo de martelo pendular, bem como seu funcionamento, mostrando sua posição inicial e a final.

Figura 5: Desenho esquemático de um martelo pendular para ensaio de impacto



Fonte: Chiaverini (1986)

2.5 Chave de segurança

A chave de segurança com intertravamento é considerada uma solução prática para a criação de um sistema de segurança dentro do projeto.

De acordo com Schneider (2011, p. 21), esse dispositivo pode manter a máquina desligada enquanto a grade estiver aberta. O autor ressalta que a chave funciona por meio do contato entre a chave e um atuador, uma lingüeta, no caso desse projeto.

Todavia, a chave necessita de um relé de segurança, para poder funcionar corretamente. Cada fabricante tem uma chave e um relé correspondente. Um exemplo é o modelo da WEG, que segundo o fabricante, pode ser usado em máquinas com classificação de risco até a categoria 4.

A Figura 6, a seguir, exemplifica um modelo de chave de segurança, com as partes fixa e móvel, bem como o relé recomendado pelo fabricante para que se trabalhe em conjunto.

Figura 6: Chave de segurança e relé de parada de emergência



Fonte: Catálogo WEG (2019), adaptado pelo autor (2020)

3 METODOLOGIA

3.1 Coleta de dados

Para essa fase do projeto, os dados foram coletados obtendo-se informações através da placa de identificação e também por observação no próprio equipamento, pois o manual não se encontrava disponível. O Quadro 7 apresenta essas informações.

Quadro 7: Dados do equipamento

ESPECIFICAÇÕES DA MÁQUINA	
Nome	Máquina de ensaio de impacto Charpy JB-300 B
Fabricante	Time Group Inc. (China)
Nº de série	4088
Ano de fabricação	2009
Setor	Laboratório de ensaios mecânicos
Nº de operadores	2
Tensão nominal	220 V
Tensão de operação	380 V
Fontes de energia	Elétrica e mecânica
Energia de impacto	150 e 300 J
Velocidade de impacto	5,2 m/s



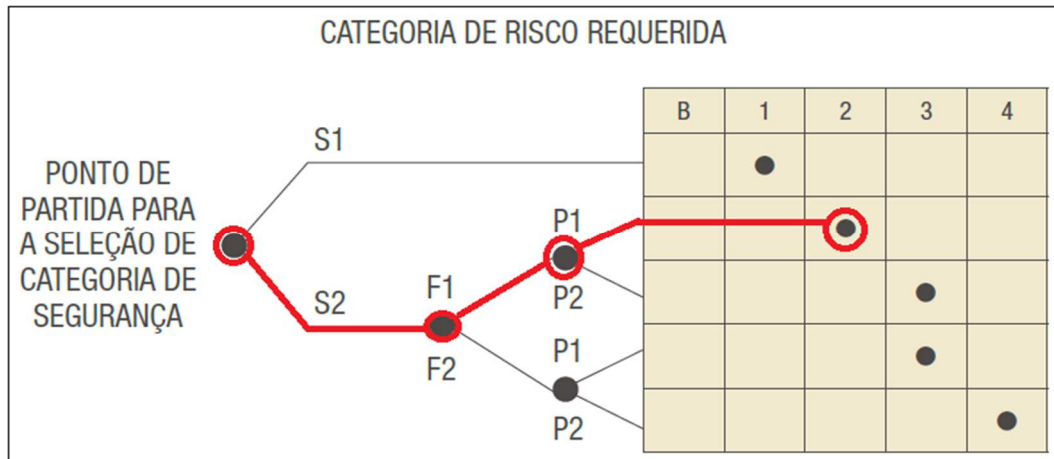
Fonte: Autor (2020)

Para a determinação da categoria de risco da máquina e do grau de risco de cada operação, os dados foram obtidos através de entrevistas com professores e auxiliares da instituição, e também com a observação e registro do ensaio. Todos os profissionais são devidamente qualificados para a operação do equipamento, podendo assim, contribuir com o andamento da análise de risco, por conhecerem detalhes técnicos tanto de operação como dos ensaios.

3.2 Determinação da categoria de risco da máquina

Primeiramente, foi utilizada a matriz de segurança para a determinação da categoria de risco da máquina, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7: Determinação da categoria de risco da máquina de ensaio Charpy



Fonte: ABNT (2015), adaptado pelo autor (2020)

Portanto, conforme indica a matriz, a categoria de risco considerada para a máquina foi nível 2.

Foi determinada a severidade do ferimento como S2, ou seja, grave. Isso se deve ao fato de que, caso ocorra um acidente, podem ocorrer ferimentos graves nas mãos.

A frequência de exposição ao risco foi considerada baixa, pois não é um equipamento de uso frequente, portanto F1.

A probabilidade de se evitar o risco foi considerada P1, ou seja, possível sob certas condições. Em caso de acionamento acidental do pêndulo, quem está em seu caminho pode se desviar, mas precisa estar muito atento para poder fazê-lo rapidamente.

3.3 Determinação do grau de risco das operações

Primeiramente, é preciso explicar o que significam os itens da tabela que apresentam o que foi levado em consideração para a análise:

- Mostra o tipo de tarefa a ser realizada, seja relacionada ao ensaio ou à manutenção;
- Atividade normal de processo significa que é algo que segue a sequência normal do ensaio ou manutenção;
- O alvo se refere a que partes do corpo estão expostas ao risco naquele momento da atividade;
- O perigo é referente a que ações a máquina vai realizar ao ser acionada, que podem causar dano ao operador;
- O dano é o resultado que o perigo irá causar, caso não sejam tomadas as devidas medidas de segurança;
- A situação atual da máquina, em relação à segurança;
- Uma imagem da máquina, com uma representação da atividade;
- E por fim, a relação dos itens a serem avaliados para se obter o HRN.

É preciso salientar que as decisões foram tomadas levando em conta o fato de que a máquina não possui um manual e nem um plano de manutenção.

Nesse item, foram consideradas cinco operações: posicionamento do corpo de prova, acionamento do pêndulo (normal e para ensaio com nitrogênio), manutenções mecânica e elétrica.

Analisou-se cada operação separadamente, e algo a ser lembrado sobre a avaliação de riscos, é que uma ação tomada para se reduzir o risco em um item, pode automaticamente reduzir o risco em outros.

3.3.1 Grau de risco do posicionamento do corpo de prova

Na Tabela 1, é mostrada a análise da primeira operação, posicionamento do corpo de prova.

Nessa atividade, o operador pega o corpo de prova com uma pinça apropriada e o posiciona no mordente da máquina, onde ele será atingido pelo martelo.

Tabela 1: Determinação do HRN da primeira operação

OPERAÇÃO N°1	
Máquina de ensaio de impacto Charpy JB-300B	
Tarefa	Posicionamento do corpo de prova no mordente
Atividade	Operação normal do processo
Alvo	Membros superiores
Perigo	Movimento pendular do martelo
Dano	Esmagamento da mão, com perda de dedos.

Situação atual Não há: marcações de segurança no piso ao redor do equipamento, sistema de intertravamento no portão, botão de emergência.



AVALIAÇÃO DO RISCO

Probabilidade de ocorrência - PO	5
Grau máximo de perda ou lesão - GPL	4
Frequência de exposição - FE	0,5
Nº de pessoas envolvidas - NP	12
Numero de risco - HRN	120
Classificação do risco	MUITO ALTO

Fonte: Autor (2020)

A atividade foi avaliada como tendo uma Probabilidade de Ocorrência com índice 5, ou seja, alguma chance. Isso se deve ao fato de que, apesar do posicionamento ser rápido, quem está fazendo a tarefa pode errar o mordente e ter que refazer o processo, e nesse momento, um segundo operador, por impulso, pode acionar o martelo prematuramente. Sendo assim, quem vai acionar o botão deve aguardar o primeiro operador terminar a tarefa e se afastar.

O Grau Máximo de Perda ou Lesão foi avaliado com índice 8, pois se o operador tentar posicionar o corpo de prova e o martelo for acionado, seus dedos podem ser atingidos, ou até mesmo sua mão. A Frequência de Exposição foi avaliada com índice 0,5, por se tratar de um equipamento pouco usado durante o ano. Por fim, para o Número de Pessoas Envolvidas, adotou-se índice 12, pois se levou em conta a presença de 25 pessoas no momento do ensaio, ou seja, durante uma aula. Apesar do ensaio poder ser feito com apenas duas pessoas, não há uma marcação de segurança no piso, delimitando uma distância segura, o que acaba por expor todas as pessoas presentes ao risco.

Aplicando os valores na fórmula, obtém-se o seguinte resultado:

$$\text{HRN} = \text{PO} \times \text{GPL} \times \text{FE} \times \text{NP} \rightarrow \text{HRN} = 5 \times 8 \times 0,5 \times 12$$

$$\text{HRN} = 240$$

O valor do HRN para essa operação é 240, o que a caracteriza com um risco muito alto.

3.3.2 Grau de risco do acionamento do pêndulo

Na Tabela 2, é mostrada a análise da segunda operação, acionamento do pêndulo.

Nesta operação, com o corpo de prova posicionado, o operador aciona o pêndulo, apertando um botão no controle, fazendo com que a solenóide libere a trava. O pêndulo desce e atinge o corpo de prova, o quebrando. Após o trabalho realizado, o resultado pode ser lido na tela do computador que está ligado à máquina.

Tabela 2: Determinação do HRN da segunda operação

OPERAÇÃO Nº2	
Máquina de ensaio de impacto Charpy JB-300B	
Tarefa	Acionamento do pêndulo para a quebra do corpo de prova
Atividade	Operação normal do processo
Alvo	Membros superiores
Perigo	Movimento pendular do martelo, projeção de partículas
Dano	Esmagamento das mãos

Situação atual Não há: marcações de segurança no piso ao redor do equipamento, sistema de intertravamento no portão, botão de emergência.



AVALIAÇÃO DO RISCO

Probabilidade de ocorrência - PO	8
Grau máximo de perda ou lesão - GPL	8
Frequência de exposição - FE	0,5
Nº de pessoas envolvidas - NP	12
Número de risco - HRN	384
Classificação do risco	MUITO ALTO

Fonte: Autor (2020)

A Probabilidade de Ocorrência foi avaliada com índice 8, pois agora há de fato o acionamento do pêndulo, e se alguém inadvertidamente posicionar a mão em seu caminho, será atingido. Em alguns casos, de acordo com o relato de professores, foi presenciado que vários alunos tentaram parar o pêndulo após o seu acionamento, inclusive, se queixando de dores no braço. Esse fato leva ao índice 8 do Grau de Perda ou Lesão. Inclusive, deve ser considerado que é imprescindível o uso de óculos de segurança, pois alguns corpos de prova podem ser projetados para fora da máquina quando se partem. Novamente, por ser uma máquina pouco usada, sua Frequência de Exposição foi avaliada com índice 0,5. O Número de Pessoas Envolvidas, mais uma vez, teve índice 12, por ser considerada a operação durante uma aula e pela falta de marcação no piso.

Aplicando-se os valores na fórmula, obteve-se o seguinte resultado:

$$\text{HRN} = \text{PO} \times \text{GPL} \times \text{FE} \times \text{NP} \rightarrow \text{HRN} = 8 \times 8 \times 0,5 \times 12$$

$$\text{HRN} = 384$$

O valor do HRN para essa operação é 384, o que a caracteriza com um risco muito alto.

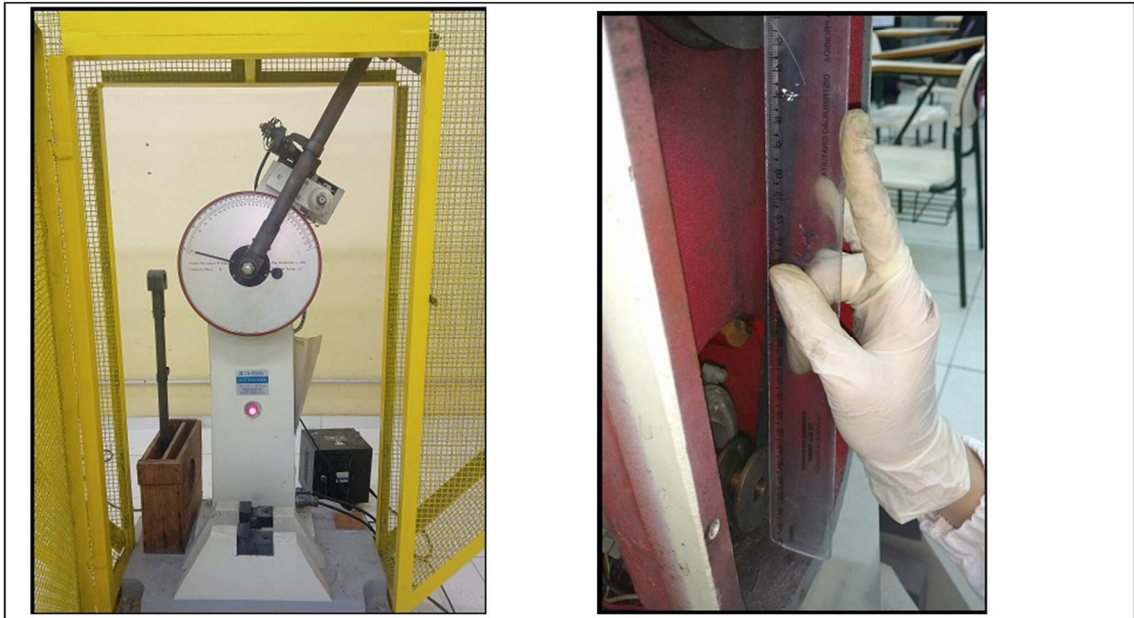
3.3.3 Grau de risco da manutenção mecânica

Na Tabela 3, é mostrada a análise da terceira operação, manutenção mecânica.

Segundo informações obtidas com profissionais da instituição onde se encontra o equipamento, os serviços de manutenção mecânica envolvem a verificação do alinhamento das polias, se há folga na correia, a fixação do motor e o funcionamento do freio.

Tabela 3: Determinação do HRN da terceira operação

OPERAÇÃO Nº 3	
Máquina de ensaio de impacto Charpy JB-300B	
Tarefa	Manutenção Mecânica
Atividade	Procedimentos de manutenção mecânica preventiva ou corretiva, verificação ou troca de polias e correias, fixação do motor
Alvo	Membros superiores, inferiores e cabeça
Perigo	Movimento pendular do martelo, movimento rotativo de polias e correias, partes energizadas
Dano	Esmagamento das mãos, cortes nas mãos, dedos e cabeça, choque elétrico, parada cardio-respiratória
Situação atual	Não há: marcações de segurança no piso ao redor do equipamento, sistema de intertravamento no portão, plano de manutenção que contemple o procedimento de energia zero, botão de emergência



AVALIAÇÃO DO RISCO

Probabilidade de ocorrência - PO	15
Grau máximo de perda ou lesão - GPL	15
Frequência de exposição - FE	0,5
Nº de pessoas envolvidas -NP	1
Numero de risco - HRN	112,5
Classificação do risco	MUITO ALTO

Fonte: Autor (2020)

A Probabilidade de Ocorrência foi avaliada com índice 15. Chegou-se a esse valor pelos seguintes fatores: não havendo plano de manutenção, não há o procedimento de energia zero. Realizar uma manutenção em uma máquina energizada, ainda que desligada, apresenta risco.

Isso afeta a decisão para a escolha do índice do Grau de Perda ou Lesão, que nesse caso, adotou-se o valor de 15. Como serão manipuladas partes móveis no equipamento, caso haja um acionamento, podem ocorrer lesões muito graves em decorrência de ter as mãos presas ou esmagadas. Também, para se verificar a fixação do motor, é preciso ter acesso à ele pelo painel, expondo os profissionais ao risco de choque elétrico.

A Frequência de Exposição é baixa, portanto, índice 0,5. Uma máquina pouco usada, não requer uma manutenção frequente. O Número de Pessoas Envolvidas também é baixo nesse caso, tendo índice 1. Para a tarefa de manutenção, foram consideradas apenas duas pessoas.

Aplicando-se os valores na fórmula, obteve-se o seguinte resultado:

$$\text{HRN} = \text{PO} \times \text{GPL} \times \text{FE} \times \text{NP} \rightarrow \text{HRN} = 15 \times 15 \times 0,5 \times 1$$
$$\text{HRN} = 112,5$$

O valor do HRN para essa operação é 112,5, o que a caracteriza como um risco muito alto.

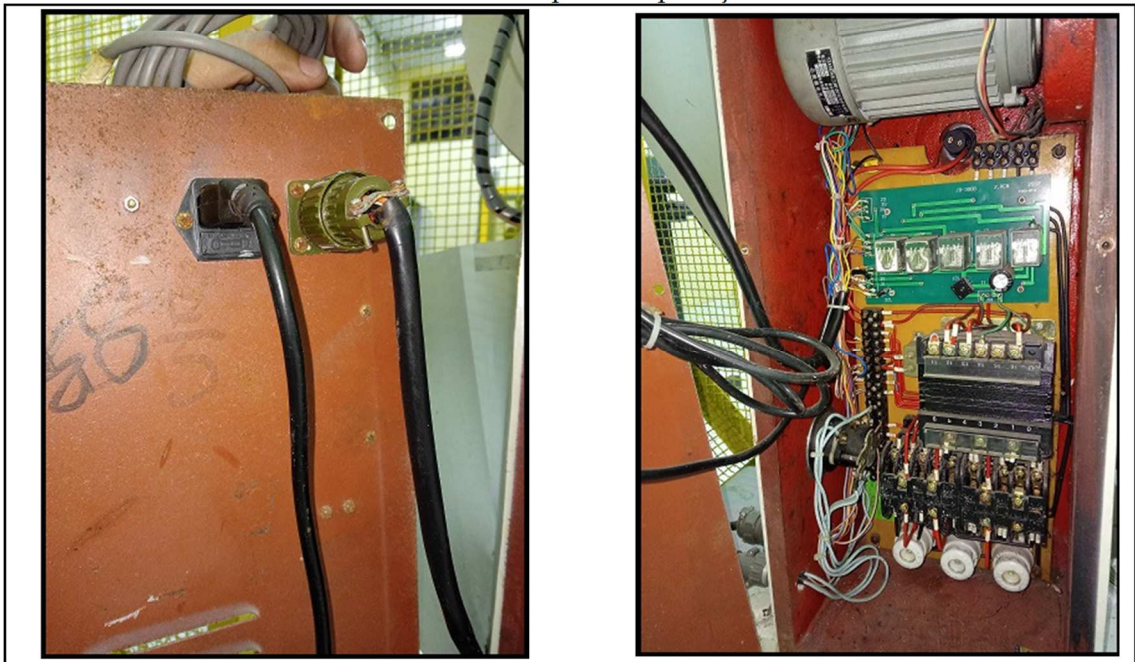
3.3.4 Grau de risco da manutenção elétrica

Na Tabela 4, é mostrada a análise da quarta operação, manutenção elétrica.

Junto aos profissionais da instituição, as informações sobre os serviços a serem realizados durante a manutenção elétrica foram os seguintes: verificação das condições dos cabos de ligação, lâmpadas de sinalização, o reaperto das conexões dos componentes do painel e dos botes de acionamento, a verificação do funcionamento da solenóide que libera o pêndulo, o funcionamento do motor e uma limpeza interna no painel.

Tabela 4: Determinação do grau de risco da quarta operação

OPERAÇÃO Nº 4	
Máquina de ensaio de impacto Charpy JB-300B	
Tarefa	Manutenção Elétrica
Atividade	Procedimentos de manutenção elétrica preventiva ou corretiva, verificação do estado de conservação e funcionamento dos cabos e componentes, reaperto de conexões
Alvo	Membros superiores, inferiores, cabeça
Perigo	Movimento pendular do martelo, contato com partes energizadas
Dano	Queimaduras, choque elétrico, parada cardio-respiratória, queda de mesmo nível, esmagamento das mãos
Situação atual	Não há: marcação de segurança no piso ao redor do equipamento, sistema de intertravamento no portão, plano de manutenção que contemple o procedimento de energia zero, botão de emergência, placa de proteção de acrílico



AVALIAÇÃO DO RISCO

Probabilidade de ocorrência - PO	15
Grau máximo de perda ou lesão - GPL	15
Frequência de exposição - FE	0,5
Nº de pessoas envolvidas -NP	1
Numero de risco - HRN	112,5
Classificação do risco	MUITO ALTO

Fonte: Autor (2020)

Pelo mesmo fato de não se ter um plano de manutenção padronizado, assim como ocorre na manutenção mecânica, os valores dos índices de Probabilidade de Ocorrência e Grau de Perda ou Lesão foram determinados como 15. O risco de choque elétrico estará presente o tempo todo, caso não se adote a energia zero.

Também permanecem inalterados os valores de Frequência de Exposição e Número de Pessoas Envolvidas, respectivamente 0,5 e 1.

Aplicando-se os valores na fórmula, obteve-se o seguinte resultado:

$$\text{HRN} = \text{PO} \times \text{GPL} \times \text{FE} \times \text{NP} \rightarrow \text{HRN} = 15 \times 15 \times 0,5 \times 1$$
$$\text{HRN} = 112,5$$

O valor do HRN para essa operação é 112,5, o que a caracteriza com um risco muito alto.

3.3.5 Grau de risco do ensaio com nitrogênio

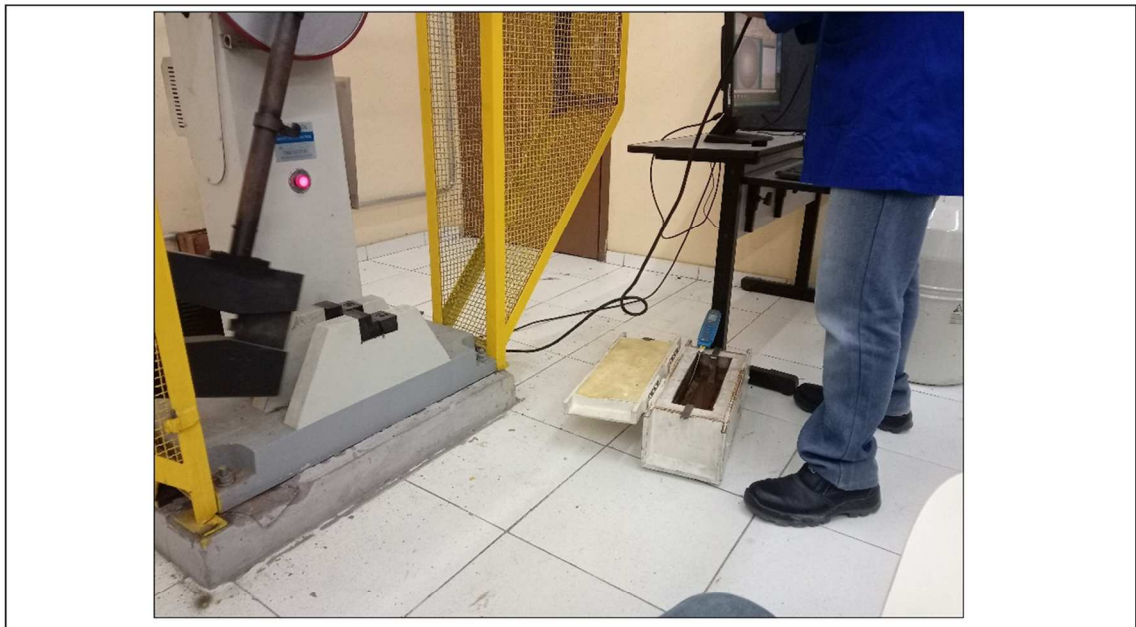
Na Tabela 5, temos a análise da quinta operação, acionamento do pêndulo, para ensaio com nitrogênio.

Esse é um caso particular. O ensaio Charpy com o corpo de prova imerso em nitrogênio, determina o comportamento do aço em temperaturas abaixo de 0 °C. Para isso, o pêndulo precisa ser acionado em um tempo muito curto, após o corpo de prova ser posicionado. Segundo os profissionais da instituição, esse tempo, incluindo o posicionamento, não pode exceder 5 segundos. Um tempo maior, pode interferir no resultado.

É aqui que entra o Estado da Técnica. O ensaio ficaria comprometido, caso um sistema de intertravamento esteja instalado no portão. Esse sistema, então, precisaria ser desativado apenas para que seja feito esse ensaio.

Tabela 5: Determinação do grau de risco da quinta operação

OPERAÇÃO N° 5	
Máquina de ensaio de impacto Charpy JB-300B	
Tarefa	Posicionamento do corpo de prova no mordente, para ensaio com nitrogênio
Atividade	Para essa operação, se faz necessário o uso do Estado da Técnica
Alvo	Membros superiores
Perigo	Mecânico (movimento pendular do martelo)
Dano	Esmagamento das mãos
Situação atual	Não há: marcações de segurança no piso ao redor do equipamento, botão de emergência. Para esse ensaio, o portão precisa ficar aberto.



AVALIAÇÃO DO RISCO

Probabilidade de ocorrência - PO	8
Grau máximo de perda ou lesão - GPL	8
Frequência de exposição - FE	0,5
N° de pessoas envolvidas - NP	12
Numero de risco - NR	384
Classificação do risco	MUITO ALTO

Fonte: Autor (2020)

A avaliação dos índices para essa atividade obteve os seguintes valores: 8 para Probabilidade de Ocorrência, 8 para Grau Máximo de Perda ou Lesão, 0,5 para Frequência de Exposição e 12 para Número de Pessoas Envolvidas.

Aplicando-se os valores na fórmula, obteve-se o seguinte resultado:

$$\text{HRN} = \text{PO} \times \text{GPL} \times \text{FE} \times \text{NP} \rightarrow \text{HRN} = 8 \times 8 \times 0,5 \times 12$$
$$\text{HRN} = 384$$

O valor do HRN para essa operação é de 384, o que a caracteriza com um risco muito alto. A análise é semelhante à da operação 2, que é o acionamento do pêndulo, mas sem o uso de nitrogênio no ensaio.

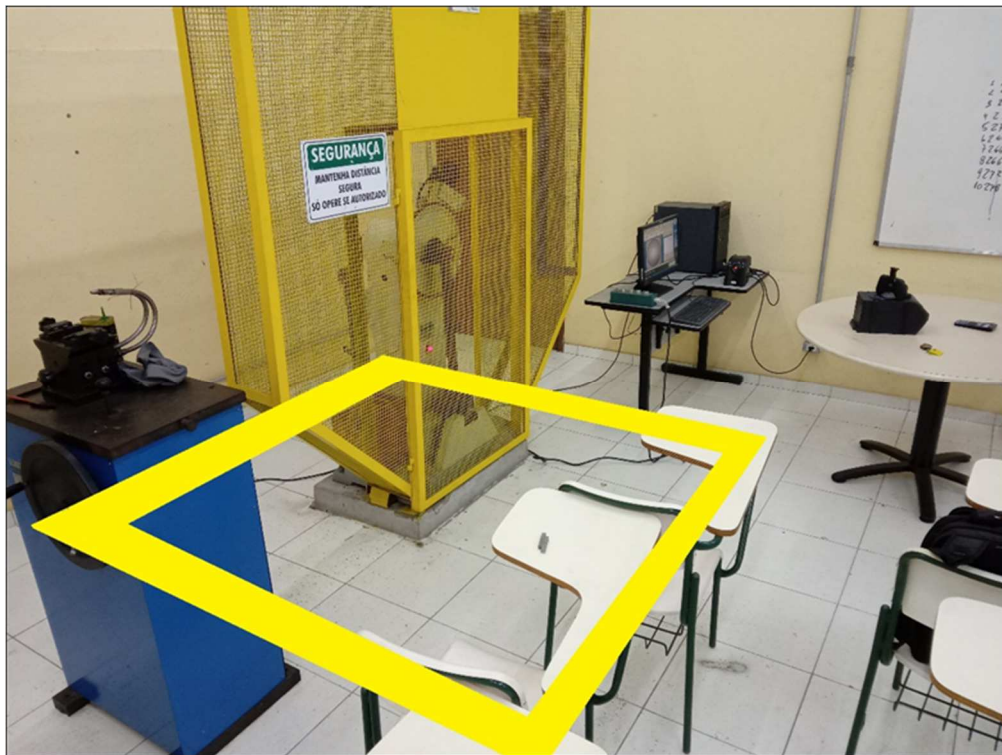
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os resultados da análise de riscos, foi possível, então, sugerir soluções para que se minimizem os riscos referentes à máquina de ensaio de impacto Charpy.

Nota-se que em todas as análises foram considerados dois itens em comum: a falta de marcação no piso ao redor do equipamento e de um sistema de intertravamento, para que o martelo não seja acionado com o portão aberto.

Primeiro, para a demarcação do piso, recomenda-se a utilização de uma fita de cor amarela, conforme descrito na NR 26 - Sinalização de Segurança. Isso ajudará a estabelecer um perímetro de segurança em volta do equipamento, alertando as pessoas de que há um risco presente. Também é válido alertar os presentes a não circularem por trás da máquina. Sempre é importante salientar que essa máquina de ensaio de impacto não se encontra no laboratório de uma empresa, sendo operada apenas por profissionais. Ela se encontra em uma escola, ao alcance dos alunos, e num primeiro contato com um equipamento novo, alunos tem uma tendência a serem curiosos. A Figura 8 exemplifica um modelo de como a demarcação pode ser feita ao redor da máquina, como uma sugestão para um futuro trabalho.

Figura 8: Exemplo de demarcação no piso



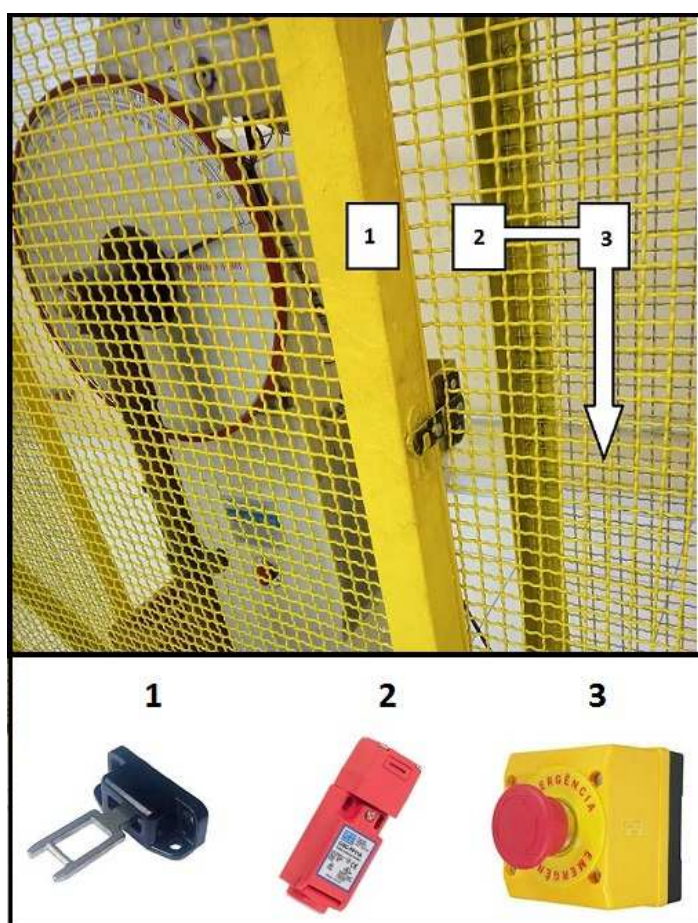
Fonte: Autor (2020)

O segundo item em comum é o sistema de intertravamento do portão.

Uma máquina com categoria de risco nível 2 já exige que nela possa ser instalado uma chave de segurança, em um circuito que impeça o acionamento do pêndulo com o portão aberto.

Como sugestão para um trabalho futuro, o Anexo A, figuras 11 e 12, mostra o exemplo de um circuito que pode ser instalado utilizando essa chave, inclusive, o modelo sugerido conta com uma forma de desligar sua função de segurança, para o ensaio com nitrogênio, utilizando o acionador flat. Quando ele é inserido na chave de segurança com o portão aberto, faz com que essa função seja desativada. É importante salientar a importância de que esse recurso deve ser mencionado na documentação referente à máquina, sendo de conhecimento de todos os operadores e da comissão de segurança da instituição. A Figura 9 mostra uma sugestão de onde os componentes podem ser instalados. Existem três legendas na figura, cada uma representando um componente: 1, se refere ao atuador do sensor, preso no portão; 2, ao componente fixo, preso à grade; e 3, se refere ao botão de emergência, ligado ao sensor, montado numa caixa presa à grade, com a seta indicando a saída dos cabos para o painel.

Figura 9: Exemplo de fixação dos componentes



Fonte: Autor (2020)

Foi observado nas análises das operações de manutenção, que não existe um plano específico para essas atividades. Por mais simples que as ações possam ser, é necessário que haja um documento registrando todas as etapas. O Anexo B, quadro 8, mostra um exemplo de plano de manutenção que pode ser adotado, contendo um aviso para que se adote o procedimento de energia zero. Assim, se elimina o risco de choque elétrico e também de acionamentos acidentais do equipamento.

Uma observação no interior do painel elétrico da máquina, mostra que ele não está em conformidade com a NR 10. As conexões energizadas ficam expostas, não havendo uma barreira física que possa proteger pessoas e a tampa do painel. É importante salientar que, dentro do painel, existe um transformador que aumenta a tensão de 220 para 380 V.

Algo a ser sugerido, para futuros trabalhos, é a instalação de uma placa de acrílico transparente, que possa cobrir toda a área da placa de circuito e dos contatos dos vários componentes.

A Figura 10 mostra um exemplo da posição em que a placa pode ser instalada, representada por um retângulo azul.

Figura 10: Exemplo de instalação da placa de acrílico



Fonte: Autor (2020)

Essa placa precisa ser de fácil remoção, para que se tenha acesso à parte elétrica durante a manutenção. Também deve ser feita de material que contemple as normas vigentes. A presença desse acessório melhora a segurança do equipamento, pois pode conter fagulhas, no caso de um possível curto-circuito.

Entre as não conformidades, no que diz respeito a um aspecto geral, estão a falta do manual da máquina, detalhando seus componentes e seu funcionamento. Deve constar a lista de componentes, sua montagem, e o esquema elétrico da máquina, junto com o esquema elétrico do intertravamento, caso esteja aplicado.

Também é necessária a documentação do Plano de Operação do ensaio de impacto. Esse documento deve conter todas as etapas da realização do ensaio, bem como o nome das pessoas autorizadas a realizá-lo, e o mais importante, precisa registrar que o acionador flat deve ser usado apenas para a desativação da segurança durante o ensaio com nitrogênio. O documento precisa ter o nome dos colaboradores autorizados a usar o acionador, bem como deve-se manter o registro de sua utilização. O acionador deve ficar em local seguro, e disponível apenas para as pessoas autorizadas. Para trabalhos futuros, uma sugestão é a elaboração do manual da máquina e do Plano de Operação. Os mesmos devem ficar arquivados no prontuário da máquina, bem como uma cópia de cada um deve ficar junto ao próprio equipamento.

Espera-se que trabalho de análise de risco, com elaboração de manuais e planos de manutenção, possa ser estendido à outros equipamentos da instituição, que se encontrem na mesma situação.

Uma sugestão para trabalhos futuros, com a implantação de medidas para a diminuição dos riscos e não conformidades, é a obrigatoriedade de se fazer uma nova análise para verificar se haverá uma queda do HRN. Já existe a grade, mas é necessário que o seu uso seja correto, para que ela cumpra seu propósito. Também é altamente recomendado e bem-vindo, que se façam sugestões para eventuais melhorias das ações de segurança e no plano de manutenção.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se, dessa forma, que a análise de risco e a utilização da metodologia do HRN são ferramentas eficientes para ajudar a implantar a NR 12 em um equipamento. Elas ajudam não só a identificar riscos físicos aparentes, como por exemplo, partes móveis ou energizadas que estão desprotegidas, como também não conformidades, como a falta de manuais e procedimentos de manutenção.

Uma vez implantadas, é importante sempre observar se as medidas estão sendo cumpridas, pois dessa forma, a segurança e a saúde de alunos e colaboradores está garantida.

6 REFERÊNCIAS

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P.. **Ciência e engenharia dos materiais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 594 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS - ABIMAQ. **Avanços na revisão do corpo da NR-12**. Disponível em: <abimaq.org.br/Arquivos/HTML/Documentos/NR12/AVAN%C3%87OS%20NA%20NR-12.agosto.2019.pdf> . Acesso em 2 jun 2020.

_____. **Manual de instruções da norma regulamentadora NR-12**. Disponível em <abimaq.org.br/Arquivos/HTML/Documentos/NR12/Manual%20de%20Instrucoes%20da%20NR-12%20-%20Agosto.2019.pdf>. Acesso em 2 jun 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Norma regulamentadora NR-12: Segurança em máquinas e equipamentos**. Disponível em: <www.trabalho.gov.br/images//Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>. Acesso em 2 jun 2020.

_____. **NBR ISO 12100 – Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Avaliação e redução de riscos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 93p.

_____. **NBR 14153 – Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionados à segurança – Princípios gerais de projeto**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 31 p.

ARAÚJO, Giovanni Moraes de. NR-12 – Máquinas e equipamentos. In: _____. **Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas**. 11. ed. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora, 2014. 128 p.

CHIAVERINI, Vicente. Resistência ao choque. In: _____. **Tecnologia mecânica: estrutura e propriedades das ligas metálicas volume 1**. 2. ed. São Paulo: Mcgraw Hill, 1986.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO DISTRITO FEDERAL – FIBRA. **NR- 12: segurança**

no trabalho em máquinas e equipamentos: manual de orientação sindical e trabalhista - volume 2. Brasília: Fibra, 2015. 94 p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **Orientações sobre as mudanças na NR-12.** Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/orientacoes-sobre-as-mudancas-na-nr-12/>>. Acesso em 2 jun 2020.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. Ensaio de impacto. In: _____. **Ensaaios dos materiais.** 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. 14 p.

GONÇALVES, Edwar Abreu. Máquinas e equipamentos. **Manual de segurança e saúde no trabalho.** 3. ed. São Paulo: Ltr, 2006. 83 p.

SANTOS JUNIOR, Joubert Rodrigues dos; ZANGIROLAMI, Marcio José. Princípios gerais da NR-12. 16 p. Análise de risco. 19 p. In: _____. **Segurança em máquinas e equipamentos: conceitos e aplicações.** São Paulo: Érica, 2015.

SCHNEIDER, Elmo Ebanês. Chaves de segurança. In:_____ **Instalações de dispositivos de segurança para máquinas operatrizes conforme a norma regulamentadora nº12 com ênfase em dispositivos elétricos.** 2011. 47 f. TCC (Pós Graduação) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA – SESI. Departamento Regional da Bahia. **Legislação comentada:** NR 12 – máquinas e equipamentos. Salvador: SESI, 2008. 28 p.

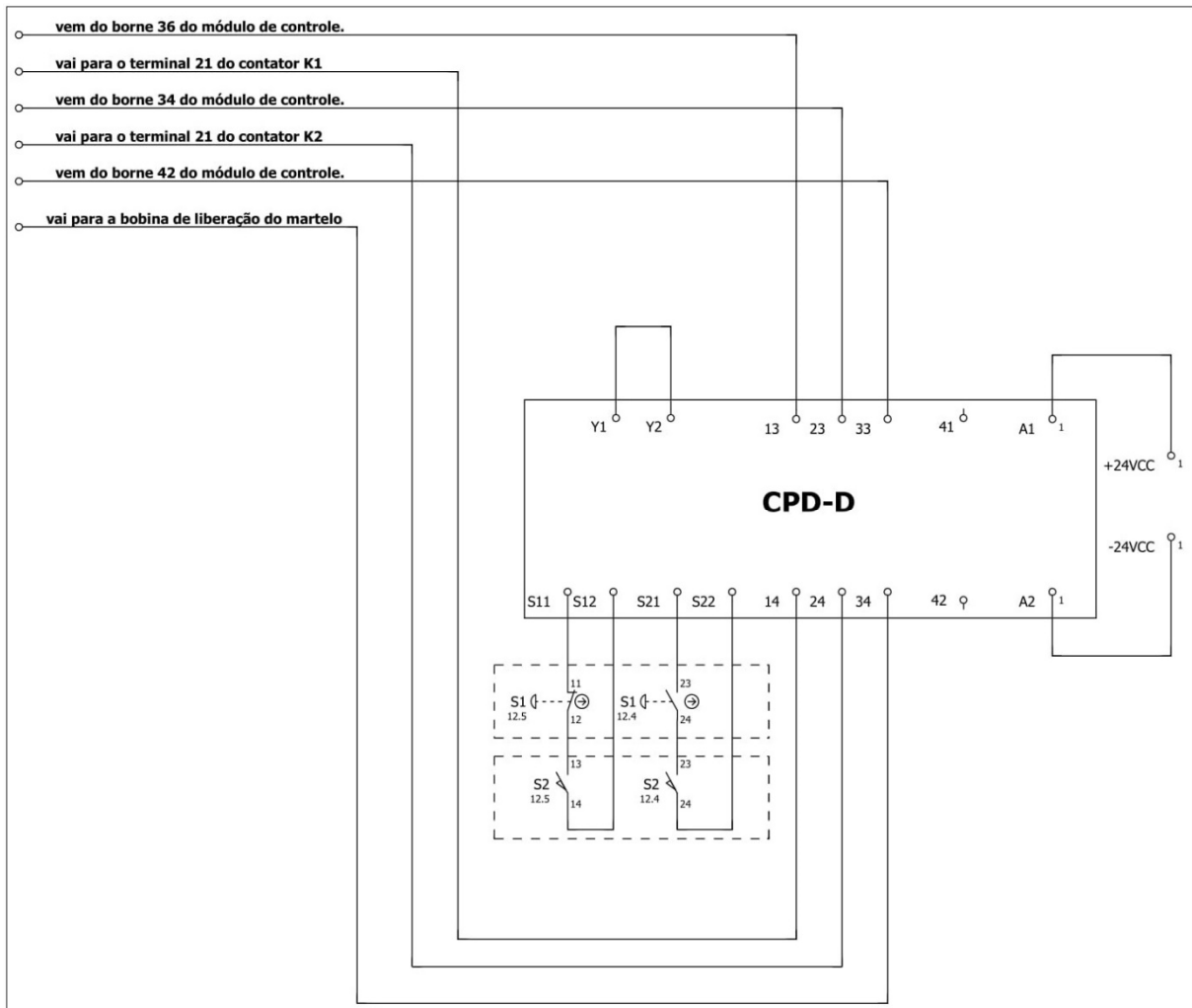
SOUZA, Sérgio Augusto de. Ensaaios relacionados à fratura frágil. In:_____. **Ensaaios mecânicos de materiais metálicos: fundamentos teóricos e práticos.** 5. ed. São Paulo: Blucher, 1982. 22 p.

WEG. **Soluções em segurança:** linha safety. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h98/hf3/WEG-catalogo-solucoes-em-seguranca-50029132-pt.pdf>>. Acesso em 2 jun 2020.

APÊNDICE A

Sistema de intertravamento

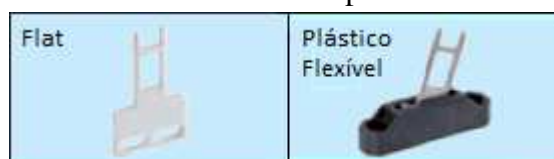
Figura 11: Esquema elétrico do sistema de intertravamento



Fonte: Autor (2020)

Recomenda-se o uso da chave de intertravamento de segurança modelo CISC-P, com o atuador modelo plástico flexível. Para a desativação da chave de segurança, no teste com nitrogênio, um atuador modelo flat deverá ser inserido na chave. A figura 12 mostra os dois modelos. O relé de segurança recomendado, é o CP-D. Ambos são da WEG.

Figura 12: Modelos de atuadores para chave de segurança




Fonte: Catálogo WEG (2019), adaptado pelo autor (2020)

APÊNDICE B

Sugestão de modelo de plano de manutenção

Quadro 8: Plano de manutenção

 MANUTENÇÃO PREVENTIVA		Elaborado por: Giovani Machado			
		Aprovado por: Lucia Ribeiro			
		Revisão:			
		Executor:			
		Data:			
Máquina de Ensaio de Impacto Charpy JB 300B Nº de Série: 4088		Laboratório de Ensaios Mecânicos			
Item	Atividades	Status			Observação
		OK	Ñ	P	
GERAL					
1.1	Verificar a alimentação elétrica da máquina				
1.2	Verificar a fixação e condições da grade				
1.3	Verificar a fixação da máquina ao piso				
1.4	Verificar a condição da parte externa da máquina				
SEGURANÇA					
2.1	Verificar a condição do portão				
2.2	Verificar o funcionamento do intertravamento				
2.3	Verificar o funcionamento do botão de emergência				
2.4	Verificar o funcionamento do freio do motor				
2.5	Verificar a condição das placas de advertência				
MECÂNICA					
3.1	Verificar a folga da correia				
3.2	Verificar o alinhamento das polias				
3.3	Verificar o fio de corte do pêndulo				
3.4	Verificar a fixação do motor				
ELÉTRICA					
4.1	Verificar a condição dos cabos na máquina				
4.2	Verificar o reaperto das conexões				
4.3	Verificar a condição das lâmpadas de sinalização				
4.4	Fazer a limpeza interna do painel de comando				
ANTES DE REALIZAR AS MANUTENÇÕES MECÂNICA E ELÉTRICA, FAZER USO DO PROCEDIMENTO DE ENERGIA ZERO					
LEGENDAS		OK	Item em conformidade		
		Ñ	Item não está em conformidade		
		P	Item pendente		

Fonte: Autor (2020)