

---

## Sistema Inteligente de Reciclagem

BEZERRA, Felipe Bento<sup>1</sup>  
MADERS, Samuel<sup>2</sup>  
FILHO, Carlos Roberto da Silva<sup>3</sup>  
OLIVEIRA, Solange Alves Costa Andrade de<sup>4</sup>

### RESUMO

O trabalho desenvolvido se baseia na busca de modelos alternativos em relação a separação de matérias recicláveis e reutilizáveis. Com o intuito de pesquisar os métodos atuais na separação do lixo, e dessa forma propor uma forma para realizar a separação automática de alguns gêneros de materiais. Baseado nos modelos estudados, foi elaborado um protótipo que irá separar quatro tipos de materiais: o vidro, o papel, o metal e o plástico. O protótipo será composto por sensores, pistões pneumáticos, recipientes para cada tipo de material e uma esteira transportadora. Essa separação dos materiais recicláveis trará benefícios para o meio ambiente, na qual o aproveitamento dos materiais recicláveis será maior devido a separação correta e mais rápida, proporcionando a reutilização destes.

**Palavras-chave:** Sensores, pistões pneumáticos, meio ambiente, reciclagem, automação.

<sup>1</sup>Felipe Bento Bezerra do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário UNISOCIESC, fbentobezerra@gmail.com; <sup>2</sup>Samuel Maders do Curso de Controle e Automação do Centro Universitário UNISOCIESC, samuelmaders@hotmail.com; <sup>3</sup>Carlos Roberto da Silva Filho: Mestre, Centro Universitário UNISOCIESC, carlos.silva@unisociesc.com.br; <sup>4</sup>Solange Alves C. Andrade: Mestra, Centro Universitário UNISOCIESC, solange@unisociesc.com.br

## **ABSTRACT**

The work developed is based on the search for alternative models in relation to the separation of recyclable and reusable materials. In order to research the current methods in the separation of garbage, and thus to propose a way to carry out the automatic separation of some types of materials. Based on the models studied, a prototype was developed that will separate four types of materials: glass, paper, metal and plastic. The prototype will consist of sensors, pneumatic pistons, containers for each type of material and a conveyor belt. This separation of recyclable materials will bring benefits to the environment, in which the use of recyclable materials will be greater due to the correct and faster separation, providing the reuse of these.

**Key words:** Sensors, pneumatic pistons, environment, recycling, automation.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. O país também é um dos que menos recicla este tipo de lixo: apenas 1,2% é reciclado, ou seja, 145.043 toneladas (WWF, 2019). Para materiais sólidos, apenas 13% de todos os resíduos sólidos urbanos do Brasil são destinados de forma correta à reciclagem. Dentre as razões que dificultam a reversão desse cenário, chama a atenção que um dos principais empecilhos seja a falta de informação da população (IPEA, 2017).

Apesar de 94% das pessoas concordarem que a forma correta de descartar o lixo é separando materiais que podem ser reciclados e 98% reconhecerem que ela é importante para o futuro do planeta, 75% não separam os materiais recicláveis individualmente nos lixos que geram em casa. No Brasil estima-se que foram gerados cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos no ano de 2018, e que 92% deste total foram coletados (ABRELPE, 2019).

Hoje o Brasil deixa de faturar R\$ 5,7 bilhões por ano para a economia, esse valor está relacionado somente a produtos plásticos. Esse número torna-se alto em razão de que o país destina uma porcentagem muito grande do lixo de forma incorreta. O que encarece o processo de reciclagem é a grande quantidade de tipos de materiais que precisam ser devidamente separados para que o processo ocorra. Se o processo de reciclagem acontecesse de forma consciente na residências os gastos finais seriam consideravelmente menores.

De acordo com o guia de caracterização e classificação de resíduos - Terra Ambiental (2016):

Para produzir 1 tonelada de papel é preciso 100 mil litros de água, 5 mil KW de energia e 17 árvores adultas. Já para produzir a mesma quantidade de papel reciclado, são usados apenas 2 mil litros de água e 50% da energia. No caso do vidro, 1 Kg de vidro quebrado faz 1 Kg de vidro novo – ou seja, ele é 100% reciclável. Para metais, uma única lata de alumínio economiza energia suficiente para manter uma TV ligada durante três horas. E praticamente todo tipo de plástico é reciclável, em que para cada 100 toneladas de plástico reciclado economiza-se 1 tonelada de petróleo.

Atualmente o processo de separação mais utilizado é manualmente, onde o material é descarregado em uma esteira e os trabalhadores vão selecionando e separando os materiais, alguns projetos de automatização utilizam sensores ópticos para diferenciar os tipos de materiais e agilizar o processo de separação.

Com o objetivo de tornar a separação do lixo efetiva e promovendo a sustentabilidade, o projeto visa incentivar a reciclagem, em que irá identificar e separar os objetos, destinando cada gênero de material para locais adequados.

Grande parte da população sabe da importância da separação do lixo, porém poucos tornam isso um hábito, apesar de nos últimos anos haver um aumento significativo na porcentagem de coleta do lixo gerado, há muitos lugares com baixo índice de destinação correta do lixo.

Estão listados abaixo os objetivos específicos deste projeto:

- a) Modelagem 3D da máquina de reciclagem;
- b) Desenvolver um sistema para separar e armazenar os materiais;
- c) Criação da lógica de programação para comando;
- d) Desenvolver os esquemas para automatização da máquina;
- e) Adequação do sistema de segurança da máquina de acordo com a NR 12;
- f) Avaliar as opções do investimento, comparar com o processo tradicional;

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 RECICLAGEM DE MATERIAIS E RESÍDUOS

A execução da palavra reciclagem opera como um método para a diminuição do aterramento e produção de lixo, visando os possíveis impactos ambientais para o nosso ecossistema. Por vários anos o Brasil teve sérios problemas com a destinação correta do lixo, no entanto na última década o país tomou consciência da importância da gestão correta dos resíduos sólidos, realçando a importância da reciclagem, com o conceito de reutilizar toda matéria prima secundária (DONATO, 2015).

Ao realizar a prática da reciclagem correta, são obtidas vantagens significativas, tanto financeira como para o meio ambiente. Pois através dela ocorre a diminuição de resíduos que precisam de tratamento final (destinadas ao aterramento). A diminuição da utilização de fontes naturais e a criação de uma consciência ecológica para a sociedade, na qual irá gerar empregos e o reconhecimento da limpeza pública (DONATO, 2015).

Para uma melhor gestão na reciclagem de materiais e produtos sólidos no país, o Governo Federal buscou realizar um acordo, em que:

Em novembro de 2015, o Governo Federal assinou com representantes do setor empresarial e dos catadores de materiais recicláveis o acordo setorial para a logística reversa de embalagens em geral. Este é um acordo no qual o setor empresarial responsável pela produção, distribuição e comercialização de embalagens de papel e papelão, plástico, alumínio, aço, vidro, ou ainda pela combinação destes materiais assumiu o compromisso nacional de cumprir metas anuais progressivas de reciclagem destas embalagens (MMA, 2020).

O que custeia muito o processo de reciclagem é a separação correta de cada tipo de material, em razão de que quanto mais os materiais estiverem misturados, mais difícil fica a separação de cada gênero, ocorrendo que por muitas vezes se torna inviável o processo da reciclagem (MMA, 2020).

## 2.2 PROCESSO DE RECICLAGEM

A lei imposta pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/2010) diz que qualquer material produzido que for coletado pelo serviço público precisa ser analisado se há alguma forma de aproveitá-lo, seja por reutilização, reciclagem ou geração de energia (Figura 1). Caso não haja forma viável de utilizar o produto, ele acaba sendo encaminhado para o aterro sanitário (AMARAL, 2018).

Figura 1 - Ciclo da logística reversa.



Fonte: Guarnieri (2011)

No processo de reciclagem os resíduos sofrem várias transformações em suas características com o propósito de serem colocados na cadeia de outros processos. Esse é composto por etapas que vão da separação até o processo de reciclagem em si, e na sua reutilização, os resíduos são utilizados em sua forma original. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010 pela hierarquia de gestão, os resíduos devem primeiro serem reutilizados e depois reciclados (PEREIRA, 2019).

Dentre os diversos tipos de resíduos sólidos, pode-se destacar o alumínio, sendo que a reciclagem desse tipo de material é devidamente importante para a indústria, na qual pode haver economia de energia em seu processamento em comparação ao metal primário. No caso do plástico, eles necessitam serem separados adequadamente de acordo com sua densidade. Seu tratamento pode ser realizado tanto por meio de processos mecânicos, químicos ou energéticos (PEREIRA, 2019).

## 2.3 DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS

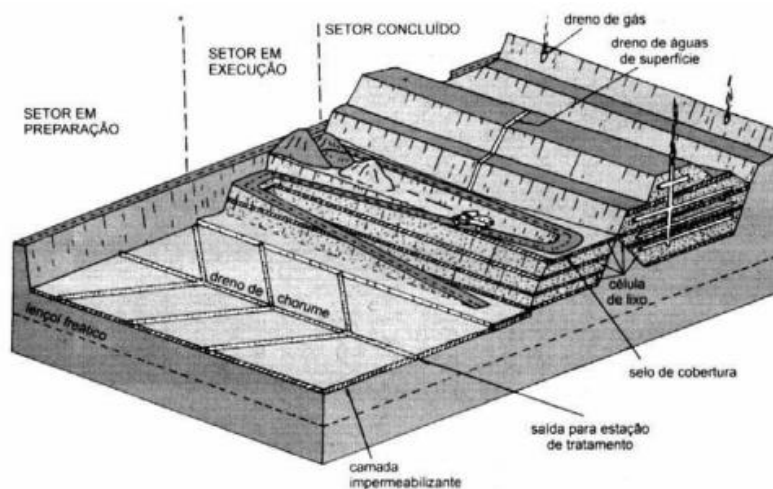
O Brasil produz em média cerca de 228.413 toneladas de resíduos por dia, mas apenas cerca de 50% deste total possui local adequado para ser descartado, o restante é colocado em lugares que não estão preparados para prevenir a poluição ambiental. O país possui cerca de 2.906 lixões, em apenas 27,75 das cidades os resíduos são descartados em aterros sanitários, ao longo dos anos o Brasil obteve importantes avanços, no ano 2000 cerca de 35% dos resíduos eram encaminhados para aterros e 8 anos depois houve aumento para 58%, sendo uma parte deste encaminhada para aterros controlados (IBGE, 2014).

A norma NBR 10004:2014 classifica os resíduos de acordo com o seu potencial de risco ao meio ambiente e a saúde pública, são divididas em duas classes, a classe 1 para resíduos considerados perigosos e classe 2 para resíduos não perigosos (ABNT NBR 10004, 2014).

A norma ISO 14001:2015 define os requisitos necessários para implementação de um sistema de gestão ambiental, ajuda as empresas a manterem uma boa eficiência e reduzindo custos, auxiliando na utilização eficiente dos recursos e o destino correto de resíduos descartados (ABNT ISO 14001, 2015).

Os aterros sanitários recebem especificamente resíduos sólidos urbano, para que um aterro possa ser utilizado para descarte adequado e prevenir danos ambientais, deve-se seguir algumas condições de operação como: drenagem para biogás e chorume, cobertura com argila, drenos de monitoramento entre outros (Figura 2). Os resíduos após serem depositados em um aterro sanitário passaram por transformações físico-químicas também chamado de processo de decomposição (SANTOS, 2011).

Figura 2 – Esquema de um aterro sanitário.



Fonte: Machado (2009)

## 2.4 SENSORES

Sensores são dispositivos eletroeletrônicos que transformam um sinal físico em um sinal elétrico para ser interpretado por um sistema, são utilizados para recolher informações de operações e processos. O propósito dos sensores em um projeto é para que possa haver um autocontrole do processo, assim permitir que uma interface desenvolvida para controle do projeto consiga fazer um monitoramento de todas as etapas do processo (SOLOMAN, 2010).

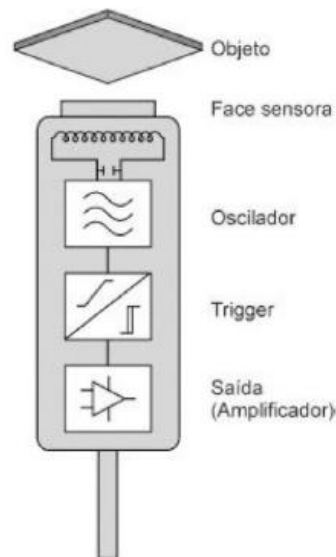
Os sensores analógicos são utilizados para monitorar algumas grandezas físicas como temperatura, umidade, luminosidade entre outros, este tipo de sensor pode assumir qualquer valor no sinal de saída ao longo do tempo obedecendo a sua faixa de operação. Os sensores digitais são utilizados por exemplo para informar que tem um objeto em um determinado local ou contar quantos objetos passam pelo local, este tipo de sensor assume apenas dois valores em seu sinal de saída que podem ser interpretados com zero ou um (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

Os sensores capacitivos mudam o seu sinal quando detectam alguma mudança no seu campo eletrostático, quando não há nenhum objeto em seu campo o sensor capacitivo digital fica inativo, quando há um objeto modifica a capacitância. Os sensores indutivos (Figura 3) detectam quando um material metálico atravessa o seu



campo magnético, quando ocorre a passagem de comum material características magnéticas ocorre mudanças na bobina do sensor assim fazendo com que ele comute (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

**Figura 3 - Princípio de funcionamento.**



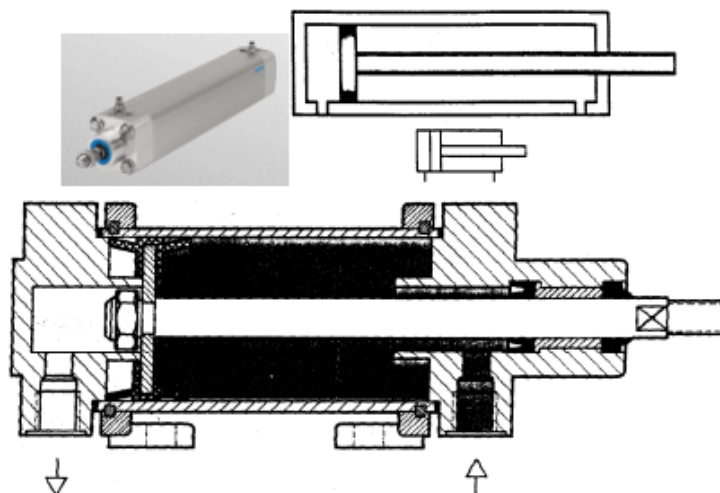
Fonte: Thomazini, Albuquerque (2011)

## 2.5 PNEUMÁTICA

Um sistema pneumático utiliza o ar comprimido como fonte de energia para o acionamento e comando, o ar comprimido é o ar atmosférico condensado este armazenado em alta pressão se torna capaz de realizar trabalho. Durante a compressão ocorre o aumento da temperatura no recipiente onde o ar está contido, aumentando o movimento das moléculas assim produzindo forças de pressão, quando o ar comprimido se expande ocorre o resfriamento (SILVA, 2002).

Os atuadores pneumáticos são elementos mecânicos que transformam a energia cinética gerada pela pressurização do ar em energia pneumática. Cilindros pneumáticos são constituídos por um tubo cilíndrico, no centro contém uma haste com um êmbolo com vedação que pela ação do ar expandindo no interior do tubo, por conexões que servem para entrada e saída do ar, assim produzindo trabalho de expansão ou retração da haste, podendo ser atuadores pneumáticos lineares de simples ação ou atuadores de dupla ação (Figura 4) (FIALHO, 2012).

Figura 4 - Cilindro de dupla ação.



Fonte: Silva (2002)

Em vários projetos de automação a pneumática é mais vantajosa que a hidráulica, por ter um melhor rendimento e um menor custo, por causa de sua fonte de energia ser o ar que é transportado por meio de tubulações e o excesso não precisa retornar para o reservatório ao contrário da hidráulica. O ar comprimido por um compressor é armazenado em um reservatório onde se tem todo o controle de pressão, assim o compressor não precisa ficar em funcionamento contínuo (FIALHO, 2012).

## 2.6 NORMA NR 12

A Norma Regulamentadora - NR-12 foi criada pelo Ministério do Trabalho e Emprego em 8 de junho de 1978, estabelece medidas de proteção para os trabalhadores, e requisitos para prevenção de acidentes e de doenças do trabalho a partir do uso de máquinas e equipamentos de todos os tipos. É importante destacar que a Norma trata também dos riscos do ambiente de trabalho, e não apenas de máquinas e equipamentos (MTE, 2021).

O principal objetivo deve ser o de adequar estes equipamentos com dispositivos destinados a evitá-los, os dispositivos de segurança são apenas parte de uma série de medidas a serem tomadas, devem ser adotadas uma série de medidas antes da compra, durante a instalação, funcionamento, e a preparação adequada de todas as pessoas que estarão em contato com o maquinário (MTE, 2021).

A NR-12 é uma norma de gestão, dessa forma, ela não passa um passo a passo de como deve ser feita sua aplicação, por consequência disso, muitos profissionais não sabem a maneira correta de aplicá-la. Nesse caso é importante analisar as informações contidas no documento e adaptá-las à necessidade operacional (BREGALDA; PAULINO; SILVA, 2015).

Cada empresa tem seus equipamentos e suas características, em vista disso é impossível criar uma regra geral que sirva para todos os tipos de aplicação, já que talvez a medida eficiente de tal empresa possa atrapalhar o desempenho de outra empresa. Em razão disso, a NR-12 é extensa e serve apenas para criar os limites de segurança e passar orientações da maneira correta de como aplicá-la (BREGALDA, PAULINO, SILVA, 2015).

Investir na adequação da NR 12 traz benefícios, principalmente em relação aos custos operacionais, dessa forma, pode-se destacar as seguintes vantagens para quem aplicar a NR 12: Comprimento da legislação trabalhista, privando a empresa de disputas judiciais futuras; menor investimento com manutenção corretiva; evita o afastamento por motivos de doenças ocupacionais e com a norma aplicada na empresa, cria-se um maior bem-estar aos colaboradores, pois se sentirão mais seguros no ambiente de trabalho (CONCHI, 2021).

Porém, mesmo com a aplicação na norma, só em 2017, o Brasil teve cerca de 700.000 notificações de acidentes de trabalho (CAT), dos quais máquinas e equipamentos foram os principais motivos. O fato mais preocupante é que o Observatório Digital de Saúde e Segurança no Trabalho (iniciativa da Organização Internacional do Trabalho) aponta que, no Brasil, uma pessoa morre em acidente de trabalho a cada quatro horas e meia (JÚNIOR; SOUZA; SANTOS, 2018).

Há também um grande impacto na previdência social. De acordo com o Observatório, em 2017, cerca de 27 bilhões de reais foram destinados ao pagamento de auxílio-doença, pensão por invalidez, pensão por morte do trabalhador e auxílio acidente. De acordo com dados da previdência social, entre 2014 e 2018, quase 2 milhões de pessoas faltaram ao trabalho devido a acidentes de trabalho e mais de 6.000 pessoas morreram. Sem dúvida, todos esses fatos nos mostram a importância de políticas públicas que promovam a segurança do trabalho, como a NR 12 (JÚNIOR; SOUZA; SANTOS, 2018).

### 3 DESENVOLVIMENTO

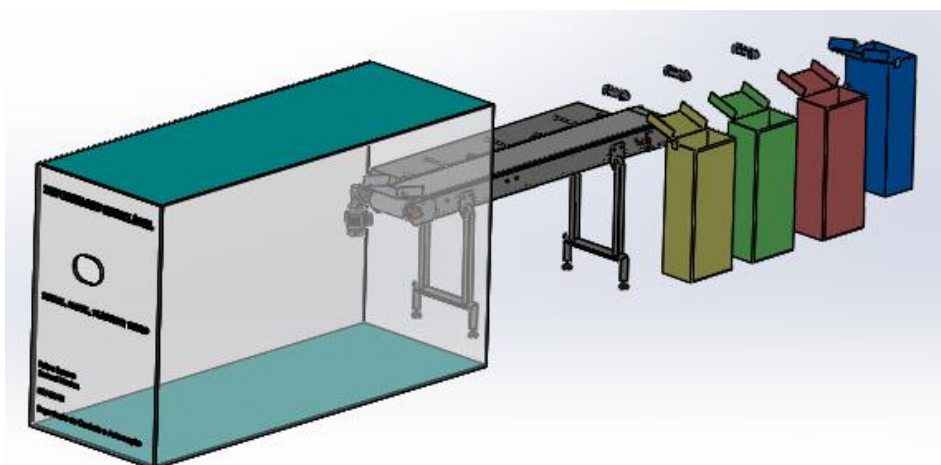
#### 3.1 MODELAMENTO 3D

A modelagem 3D é essencial para a otimização e o desenvolvimento de um projeto e a definição dos processos na indústria. Através dela é possível realizar o dimensionamento das peças com muito mais precisão, observando cada detalhe. Utilizando essa ferramenta pode-se esboçar o processo de fabricação, antecipar possíveis problemas de funcionamento e simular o funcionamento do sistema montado. Esse processo também é conhecido como Manufatura Digital.

A modelagem 3D oferece vários benefícios, tanto para a indústria como para o engenheiro, visto que é possível analisar o centro de gravidade, peso do material, momento de inércia e a realização de cálculos estruturais e térmicos do desenho virtual. Com base nesses dados, o protótipo pode ser fabricado fisicamente oferecendo uma maior confiabilidade do projeto, visando que foram eliminados todos os riscos notáveis. Isso reflete diretamente no aumento da qualidade do produto final.

Viabilizar qualquer ideia ou projeto sem ter que produzir uma única peça, esse é o objetivo principal da modelagem 3D, com ela são muitas as possibilidades. Através dessa ferramenta foi realizado a modelagem de um protótipo (Figura 5) que terá como seu objetivo principal tornar a separação do lixo efetiva, promovendo a sustentabilidade. O projeto visa incentivar a reciclagem, em que irá identificar e separar os objetos, destinando cada gênero de material para locais adequados.

**Figura 5 – Modelamento sistema de reciclagem.**

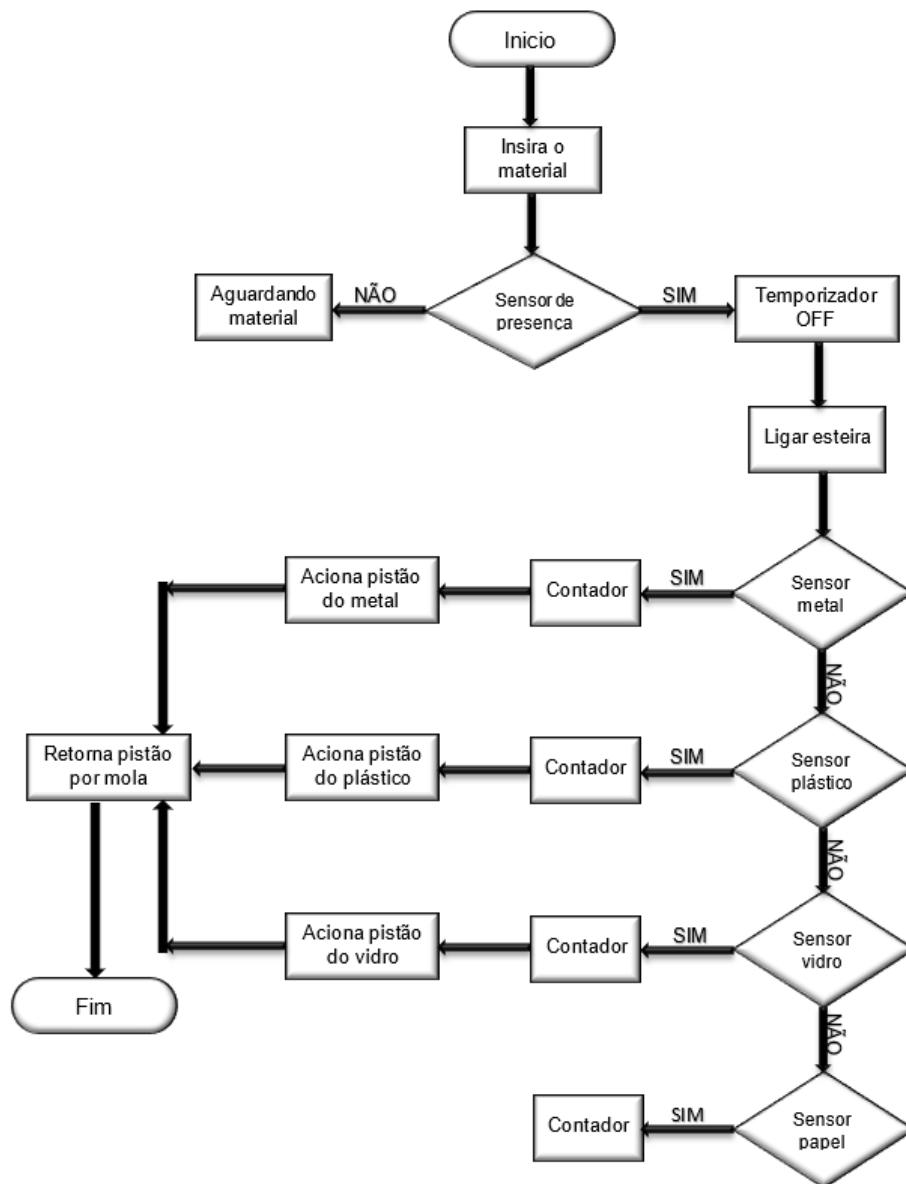


Fonte: Os autores (2020)

### 3.2 FLUXOGRAMA

Além da criação do desenho 3D, também é necessário elaborar um fluxograma (Figura 6). O fluxograma tem como objetivo representar esquematicamente o processo de produção através das sequências de atividades, manipulação, movimentação e o direcionamento dos itens de produção. É uma ferramenta muito utilizada na indústria por se tratar de um modelo esquemático que proporciona um entendimento global e compacto de qualquer processo de produção ao salientar suas etapas e a ordem de execução.

**Figura 6 - Funcionamento geral.**



Fonte: Os autores (2020)

### 3.3 ESTEIRA

No desenvolvimento da esteira (Figura 7) foi realizado o dimensionamento e as escolhas das peças necessárias para montagem, o sistema de armazenamento é composto por 4 recipientes, com identificação para armazenar cada tipo de material separadamente, 3 recipientes ficam na lateral da esteira e 1 recipiente fica ao final da esteira.

**Figura 7 – Esteira.**



Fonte: Os autores (2020)

O sistema de separação possui 4 sensores para detecção dos tipos de materiais, contém 3 pistões pneumáticos para realizar a etapa de direcionar os materiais da esteira para os recipientes, os sensores detectam o material e enviam um sinal para acionar os pistões que realizam o movimento de empurrar o material para os recipientes adequados.

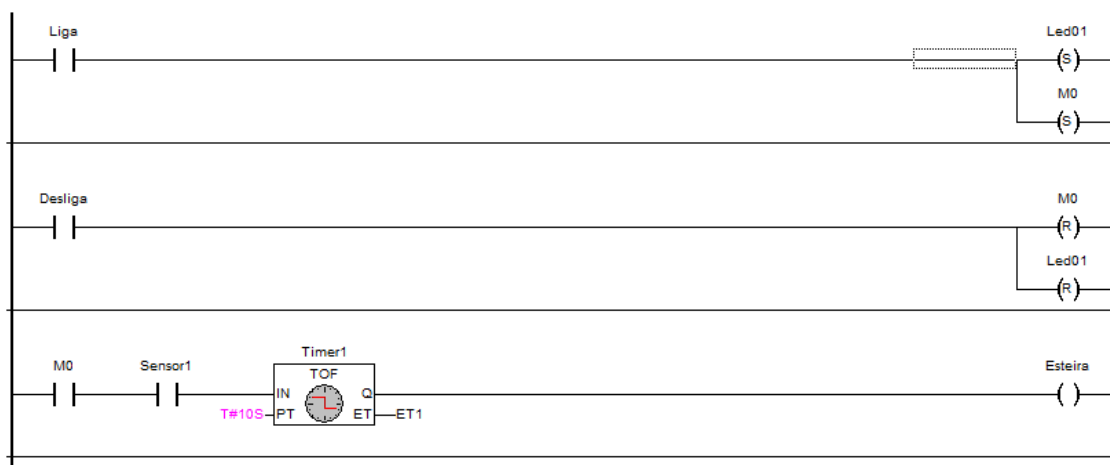
### 3.4 PROGRAMAÇÃO

Para realizar o comando do projeto foi desenvolvido a programação em linguagem *Ladder*, este tipo de programação foi escolhido porque é bastante utilizado no setor industrial sendo o CLP o responsável por controlar o projeto.

No início da programação foi criado os comandos liga e desliga para energizar e desenergizar a máquina (Figura 8), foi utilizado um temporizador do tipo *Timer OFF*

para controlar o tempo em que a esteira fica ligada, cada vez que o sensor de entrada de peça é acionado envia um sinal para o temporizador.

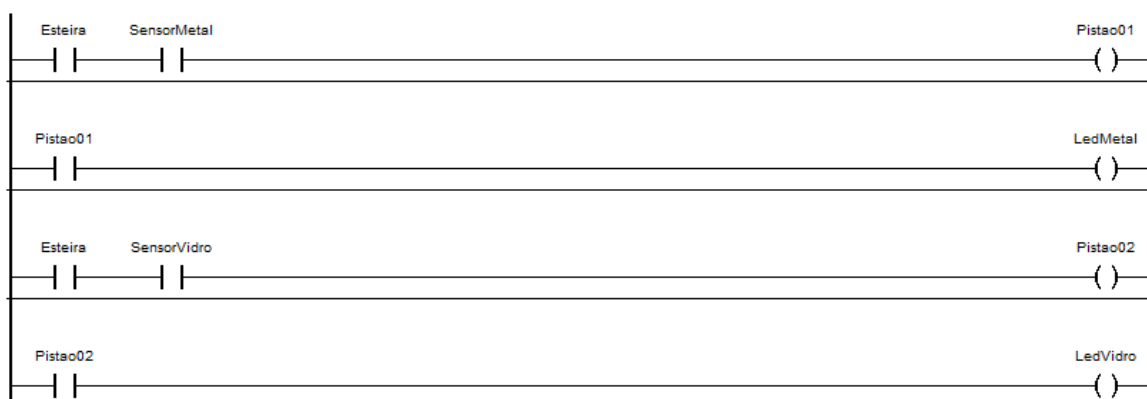
**Figura 8 - Comando liga.**



Fonte: Os autores (2021)

Para a programação do sistema de separação foi criado o comando para cada tipo de material (Figura 9), o sensor detecta o material e envia o sinal para o controlador acionar o pistão, para cada tipo de material tem um Led de referência, que acende quando o pistão é acionado. O papel possui um comando diferente pois seu recipiente fica no final da esteira. A máquina ainda possui um contador de peças para controlar a quantidade de cada material.

**Figura 9 - Comando dos pistões.**



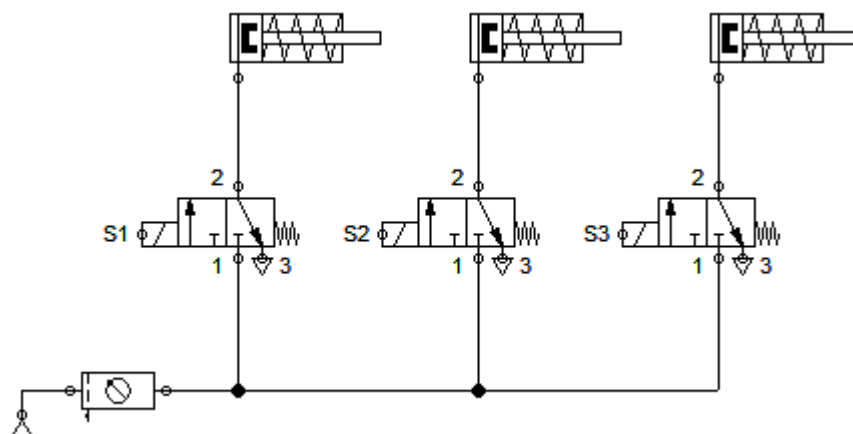
Fonte: Os autores (2021)

### 3.5 SISTEMA PNEUMÁTICO

O projeto do sistema inteligente de reciclagem conta com um sistema pneumático que será responsável por fazer a separação dos objetos por gênero. Através do software FluidSIM-P é possível simular o sistema pneumático desenvolvido e ter um entendimento do real funcionamento do protótipo quando operado na prática.

A simulação montada contará com três pistões pneumáticos (Figura 10) com retorno por mola, sendo que os pistões só irão atuar quando seus respectivos sensores forem acionados. Cada pistão será responsável por separar um tipo de material, sendo ele metal (S1), plástico (S2) ou vidro (S3).

**Figura 10 - Acionamento dos pistões.**

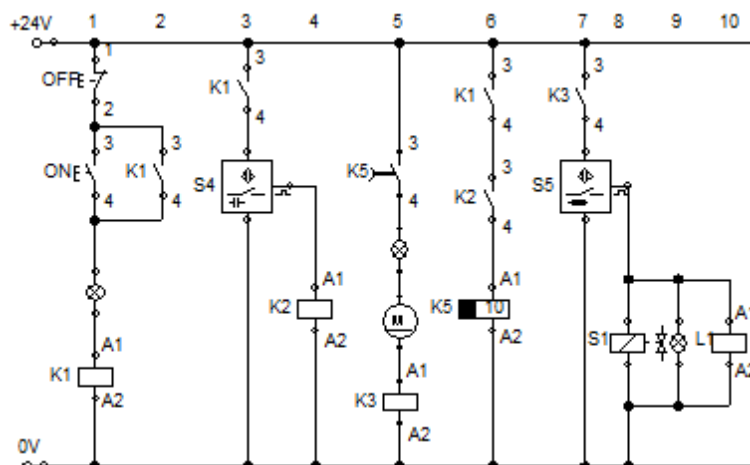


Fonte: Os autores (2021)

Para que essa simulação opere de forma correta, foi criado um diagrama elétrico (Figura 11) que será responsável pela simulação do processo pneumático. Ele contará com um sensor de presença (S4) que irá ligar o motor da esteira, um temporizador (K5) que irá controlar o tempo de operação dessa esteira, algumas bobinas e um contador (L1) que terá seu led acionado quando atingir certo número de peças.



Figura 11 - Diagrama elétrico.

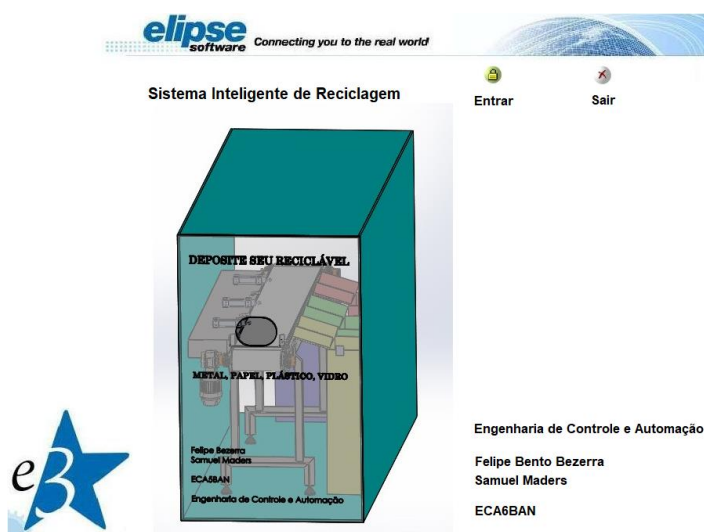


Fonte: Os autores (2021).

### 3.6 SUPERVISÓRIO

O sistema supervisório (Figura 12) é bastante utilizado no setor industrial nas funções de supervisão, operação e controle, sendo que no sistema de reciclagem o supervisório foi desenvolvido no intuito de simular o processo de separação de materiais. Para isso foi utilizado o software Elipse E3 na simulação do projeto, onde consegue-se adicionar imagens e objetos para construir o processo e observar seu funcionamento.

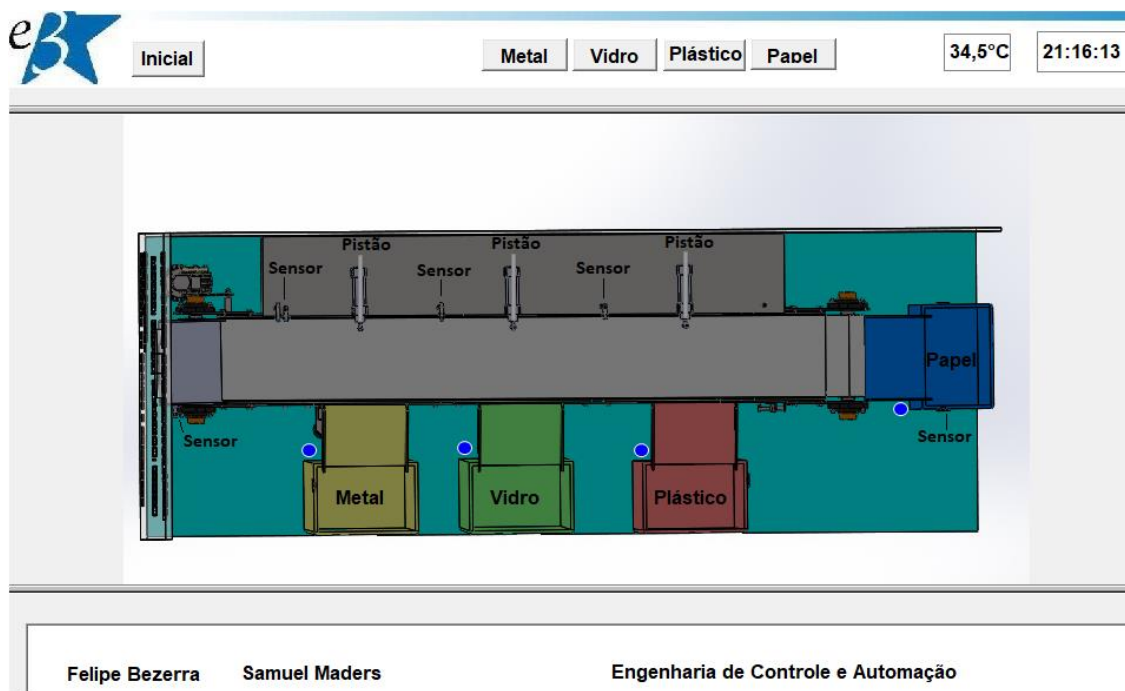
Figura 12 - Sistema supervisório.



Fonte: Os autores (2021)

Através do sistema supervisório que foi construído, temos uma simulação 3D na qual podemos visualizar o funcionamento de todo o processo da máquina (Figura 13), podendo observar quando os pistões são acionados, qual tipo de material foi colocado na máquina e se está sendo destinado para o recipiente correto.

**Figura 13 - Processo de funcionamento.**



Fonte: Os autores (2021)

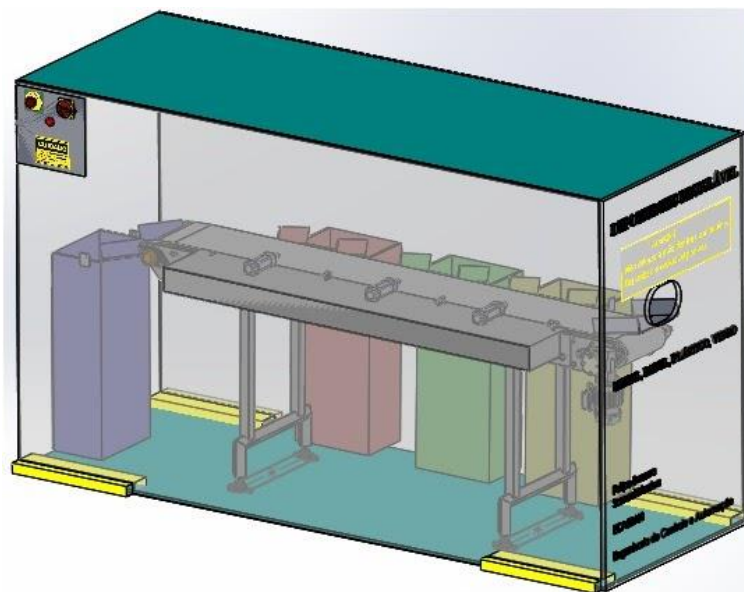
Com o supervisório consegue-se armazenar informações das quantidades de materiais armazenados nos recipientes, da temperatura interna da máquina, se os acionamentos dos sensores e dos pistões estão corretos. Através dos dados armazenados o supervisório irá gerar relatórios para controle, dessa forma obtemos um retorno dos resultados do projeto.

### 3.7 ADEQUAÇÃO A NORMA NR 12

A NR 12 tem como função principal garantir a segurança do trabalho, tornando as rotinas que envolvem máquinas e equipamentos mais seguros. Dessa forma é necessário adotar medidas de proteção para o trabalho realizado, e que seja capaz de resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

O local onde a esteira transportadora for instalada deve estar marcado, junto da área de circulação dos usuários, segundo as normas técnicas. O protótipo também necessita ter medidas preventivas quanto a sua estabilidade (Figura 14), evitando que se desloque por motivos de vibrações, choques, batidas ou qualquer outro motivo acidental.

**Figura 14 - Sapatas de segurança.**

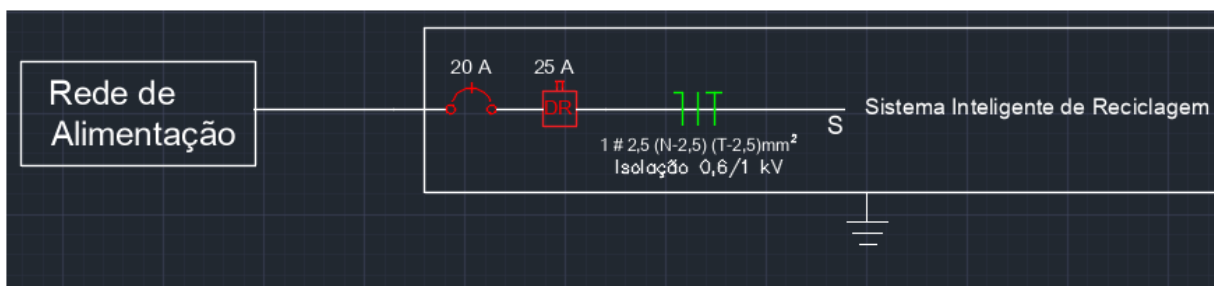


Fonte: Os autores (2021)

O capítulo 12.3 da norma refere-se a instalações e dispositivos elétricos. Através dele é possível garantir uma maior segurança aos usuários em relação aos circuitos elétricos. O motor instalado na esteira transportadora será de 1 CV, ou seja, 736 Watts de potência. Sua tensão sendo 220 Volts, resulta numa corrente nominal de aproximadamente 3,4 Ampères. Com essa corrente nominal, o seu circuito de alimentação terá cabos com uma bitola de 2,5 mm<sup>2</sup>, e disjuntor termomagnético de 20 Ampères.

Esse motor deve estar aterrado conforme a norma, junto da carcaça e partes condutoras, evitando que algo que não está no circuito elétrico acabe ficando sob tensão (Figura 15). Os cabos de alimentação também devem estar protegidos a fim de prevenir qualquer perigo e riscos de choques elétricos, incêndio ou explosão.

Figura 15 - Quadro de alimentação com aterramento.



Fonte: Os autores (2021)

É de suma importância o usuário utilizar o plugue 3 pinos. A norma ABNT NBR 14136 foi criada para definir o novo padrão de plugues e tomadas, visando garantir a segurança da população. Essa mudança ajuda a eliminar o risco de acidentes graves e choques elétricos.

O novo padrão de plugues e tomadas exige que o plugue seja composto por três pinos redondos, um para fase, um para neutro ou segunda fase (dependendo da tensão do local) e o último pino para aterramento elétrico, ou seja, o pino de aterramento (Figura 16). Portanto, deve-se instalar o pino de aterramento, que é a principal mudança do novo padrão.

Figura 16 - Padrão do plugue.



Fonte: Mundo da Elétrica (2018)

Usar o pino de aterramento elétrico garante uma maior segurança, pois pode descarregar cargas eletrostáticas de objetos e equipamentos, e garantir a proteção da integridade física do ser humano. Além disso, reduz a chance de desgaste elétrico. Porém, vale lembrar que não basta só utilizar o pino de aterramento, o local onde vai

ser instalado o protótipo também precisa ter sua rede aterrada. É por isso que é tão importante que todas as tomadas na construção sigam esse padrão. Lembrando também que a resistência de aterramento não deverá ser superior a 10 ohms.

Segundo a norma, os painéis de comando devem sempre estar mantidos permanentemente fechados, exceto em casos de eventuais manutenções. É necessária a importância da sinalização quanto ao perigo de choques elétricos, e também a restrição de acesso a pessoas não autorizadas (Figura 17).

**Figura 17 - Painel fechado.**



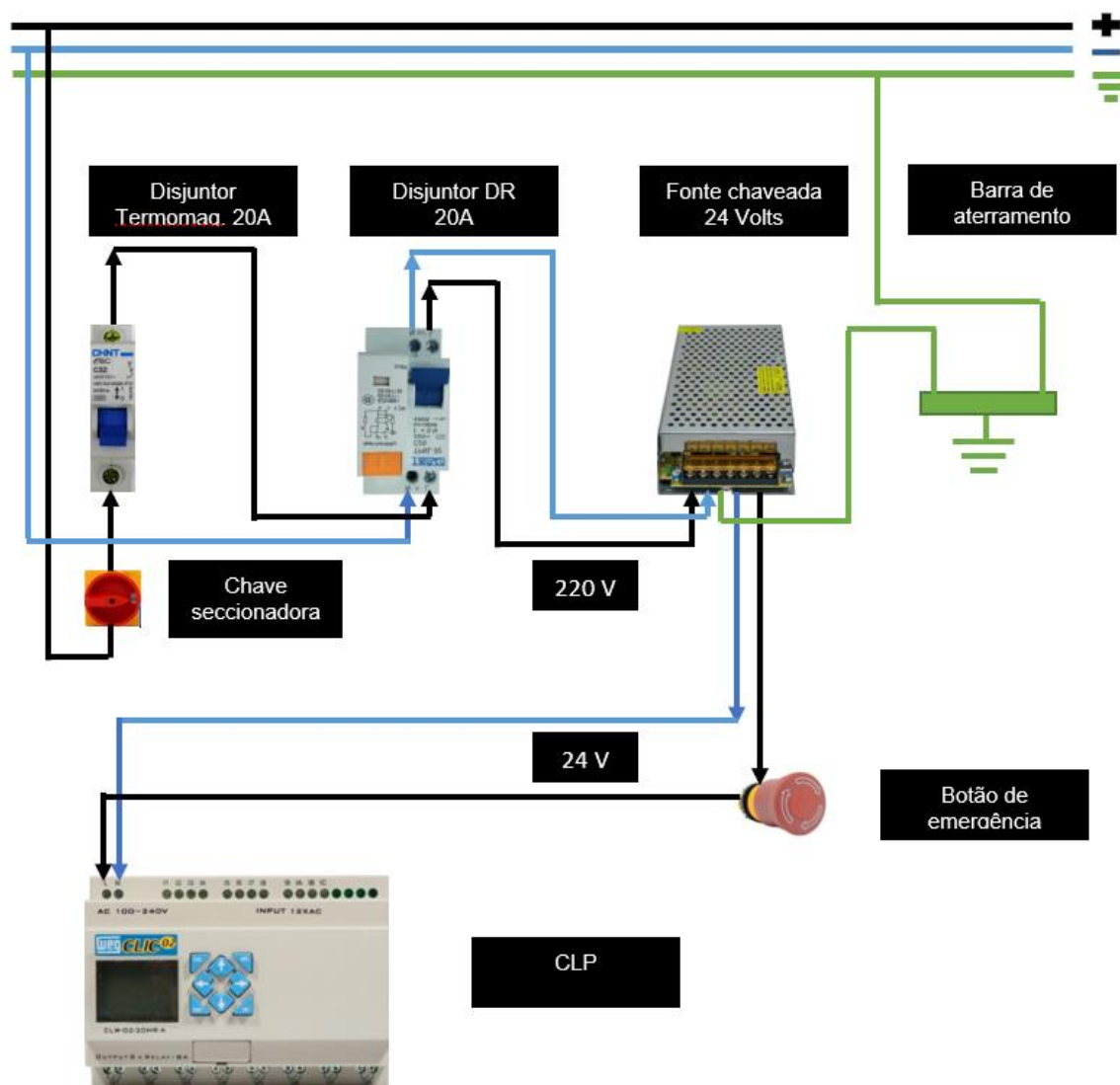
Fonte: Os autores (2021)

O painel elétrico deve ser instalado no lado de dentro da cabine, onde está a estrutura da máquina, sendo esse local somente permitido a circulação de pessoas autorizadas. O painel de comando possui os seguintes instrumentos na parte externa: Uma chave geral; um botão de emergência; um led vermelho de operação; Na parte interna: Disjuntor termomagnético; fonte chaveada 24 Volts; disjuntor DR; CLP; led verde; um botão de liga e desliga.

Seguindo a NBR 5410, norma da ABNT sobre instalações elétricas de baixa tensão, o DR passou a ser obrigatório desde 1997. Ele será instalado no painel elétrico com a função de detectar uma fuga de corrente e em seguida desarmar o circuito (Figura 18). Com o DR instalado, ele irá diminuir as chances de possíveis curtos-

circuitos na instalação elétrica, irá proteger contra o desperdício de energia elétrica, por conta das fugas e vai minimizar as consequências dos choques elétricos.

Figura 18 – Circuito do painel elétrico.

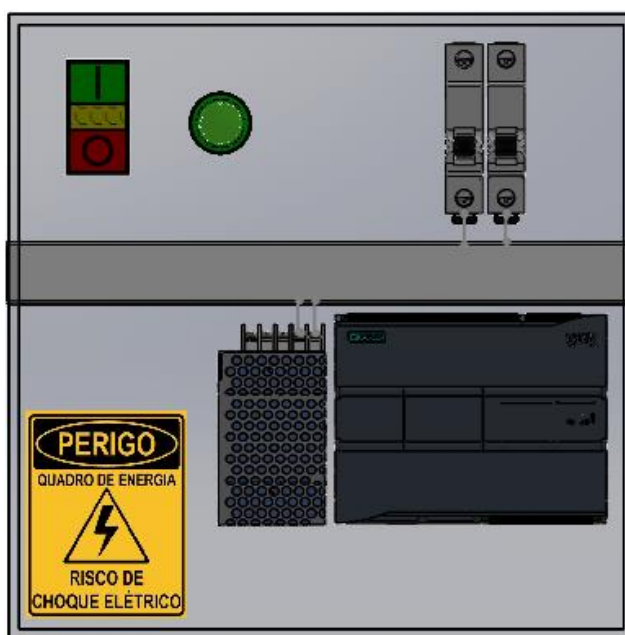


Fonte: Os autores (2021)

No painel elétrico também será instalado um disjuntor termomagnético monopolar de 20 ampères. Se por acaso alguma corrente elétrica ultrapassar o valor de segurança previsto ou em casos de um curto circuito, o disjuntor termomagnético irá desarmar. Se isso ocorrer será necessário realizar uma análise do sistema elétrico para descobrir o real motivo e efetuar o devido conserto. E para alimentar o CLP, será necessário a utilização de uma fonte chaveada, com saída de 24 volts.

A norma informa que é proibido a utilização de chave geral como dispositivo de partida e parada, sendo assim, o sistema elétrico deve possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizados. A chave geral instalada na parte externa do quadro será responsável somente por alimentar o circuito. Já na parte interna do painel tem-se instalado o CLP, que será responsável por ligar o motor e controlar o processo do sistema inteligente de separação de materiais recicláveis (Figura 19).

**Figura 19 - Painel aberto.**



Fonte: Os autores (2021)

Em relação ao sistema de parada de emergência, o seu botão está em frente ao painel de controle, e posicionado em um local de fácil acesso e visualização dos operadores que ali passarem. A botoeira de emergência será instalada após a fonte, e caso acionado interromperá a alimentação do CLP.



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos dias atuais, é comum falar sobre questões ambientais e sobre a preservação do meio ambiente. O fato é que estão ocorrendo vários fenômenos climáticos, na qual mostra que a natureza está passando por diversas mudanças, e na maioria das vezes, essas mudanças tem a ver com a ação do ser humano no planeta. A partir desse cenário, as empresas tiveram que começar a cumprir exigências ambientais desde a extração da matéria prima até a entrega do produto final ao consumidor.

Nesse processo, um dos métodos que contribui para a preservação do meio ambiente é realizar a reciclagem dos resíduos. Dessa forma, para conscientizar e viabilizar os processos de reciclagem, tem-se utilizado alguns equipamentos que realizam a separação automática dos materiais. Atualmente o equipamento mais utilizado na área de reciclados é a esteira transportadora.

A separação dos materiais recicláveis nas cooperativas de catadores ocorre de forma manual, devido aos vários tipos de materiais que chegam e ao processo repetitivo acaba acarretando risco ao trabalhador, e onerando o tempo produtivo, para amenizar esse fato, esteiras são utilizadas para transportar os materiais enquanto os trabalhadores vão fazendo a separação (Figura 20).

**Figura 20 - Reciclagem na cooperativa.**



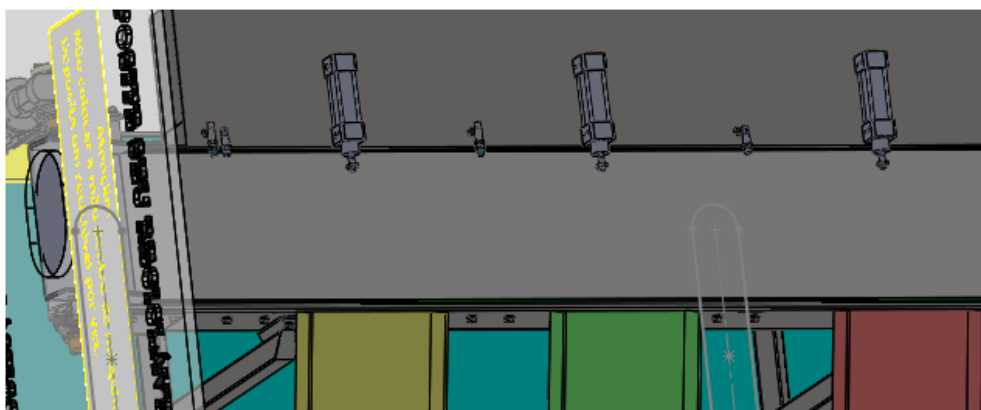
Fonte: Aragão (2020)

Em comparação aos processos atuais encontrados no que se refere a separação de materiais recicláveis, o modo mais utilizado ainda é o método de separação manual. O trabalho apresentado busca trazer uma forma alternativa,



realizando a separação automática desses materiais recicláveis (Figura 21), através de um sistema inteligente e dessa maneira tornando-a mais rápida e eficiente.

**Figura 21 - Sensores e pistões para separação.**



Fonte: Os autores (2021)

Para realizar a detecção dos materiais recicláveis que passarem pela esteira transportadora, serão utilizados alguns sensores e para realizar a separação destes, serão utilizados pistões pneumáticos conforme descrito na tabela 1.

**Tabela 1 - Equipamentos para detecção e separação.**

Materiais	Quantidade
Sensor Indutivo	1
Sensor Capacitivo	3
Sensor Fotoelétrico	1
Pistões Pneumáticos	3

Fonte: Os autores (2021)

Em relação às pesquisas encontradas de outras formas de separação de matérias recicláveis, foi observado que em alguns casos, as esteiras transportadoras possuíam alguns problemas de segurança. A partir disso, buscou-se a adequação do projeto seguindo as orientações da NR 12, garantindo uma maior segurança física das pessoas que a utilizarem. Seguindo essas orientações, foram utilizados alguns componentes de segurança para a montagem do painel conforme tabela 2.

**Tabela 2 – Componentes do painel elétrico.**

Materiais	Quantidade
Disjuntor termomagnético 20A	1
Disjuntor DR 20A	1
Fonte 24 Volts	1
Botão de emergência	1
CLP	1

Fonte: Os autores (2021)

O sistema inteligente de reciclagem é uma alternativa na separação e destinação de objetos recicláveis, na qual o projeto foi elaborado visando incentivar as pessoas na prática da reciclagem. Através de tecnologias presentes nela, como sensores de reconhecimento por material, sensor de presença responsável pelo acionamento da esteira e pistões pneumáticos independentes, tem-se um sistema automatizado, tornando o processo de separação mais rápido e eficiente. E com a adequação NR12, agora tem-se um projeto que visa segurança e transmite confiabilidade para o usuário final.

## CONCLUSÃO

Com o aumento e a preocupação da destinação e a reutilização de produtos recicláveis, tanto da área econômica quanto ambiental, se torna necessária a criação de uma tecnologia destinada a separação e reciclagem de produtos, no intuito de reutilizar todo material reciclável possível.

Levando-se em consideração o assunto tratado no desenvolvimento, dada a importância da modelagem 3D no processo de criação digital do sistema inteligente de reciclagem, compreende-se melhor o sistema desenvolvido. Através dele, consegue-se visualizar o sistema como um todo, analisando sua estrutura e seu comportamento.

A partir do desenvolvimento 3D, foram realizados testes para projetar o sistema de separação e armazenamento da esteira transportadora. Após a montagem física da esteira podemos analisar melhor o projeto, na qual foi feita uma comparação com seu projeto digital. Levando em consideração esses aspectos, podemos observar que ela funciona de forma eficiente e atingiu nossas expectativas, mas ainda há formas de aprimorá-la.

Com base no desenvolvimento do desenho da esteira transportadora, foram criadas suas programações. Através dos softwares utilizados é possível simular o real funcionamento do protótipo e como ele irá se comportar no momento que receber algum tipo de objeto e com auxílio dessas simulações pode se fazer os ajustes necessários. Levando em conta o que foi observado nas simulações pode-se concluir que elas são eficientes e práticas, podendo alterar seus parâmetros e antecipando possíveis erros no momento da montagem física.

Levando-se em conta o que foi observado na montagem do sistema pneumático do projeto, com auxílio do software FluidSIM, foi simulado o funcionamento dos pistões pneumáticos. Para realizar essa simulação, foi elaborado o seu sistema elétrico, na qual foram utilizados sensores e contadores. Através dessa simulação, pode-se ter um melhor entendimento da execução do projeto apresentado e realizar as devidas melhorias caso o projeto seja construído de forma física.

Baseando-se na NR-12, através de informações analisadas e resultados obtidos, verificaram-se riscos existentes na máquina, proporcionando a realização de adequações no equipamento. As medidas de adequações estão interligadas à

segurança, sendo realizadas melhorias baseando-se em requisitos descritos na NR-12. A partir disso, agora tem-se um projeto que visa segurança e transmite confiabilidade para o usuário final.

Pela observação dos aspectos analisados e comparados em relação aos métodos atuais na separação de materiais recicláveis, a forma mais utilizada é a separação manual. A partir dessas informações obtidas, foi desenvolvido um protótipo de esteira de separação automática de materiais reciclados. Essa esteira por ser automática, tem por objetivo final realizar a separação correta e de forma mais rápida e eficiente.

Como sugestão futura para o projeto do sistema inteligente de reciclagem, pode-se realizar a construção física da esteira transportadora junto de seus equipamentos e a partir disso, realizar a comparação dos seus resultados encontrados na construção física com os resultados teóricos obtidos nesse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, 31 de maio de 2004, disponível em <<http://www.abnt.org.br/publicacoes2/category/146-abnt-nbr-iso-14001/>>. Acesso em: 9 maio 2020.

ABRELPE, **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA**, 2020, disponível em <<http://abrelpe.org.br/caderno-informativo-recuperacao-energetica/>>. Acesso em: 15 maio 2020.

AMARAL, Daniela Soares, **Reciclagem No Brasil: Panorama Atual E Desafios Para O Futuro**, 17 de outubro de 2018, disponível em <<https://portal.fmu.br/reciclagem-no-brasil-panorama-atual-e-desafios-para-o-futuro/>>. Acesso em: 15 maio 2020.

DOS SANTOS, Guilherme Garcia Dias, **ANÁLISE E PERSPECTIVAS DE ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: O CASO DA INCINERAÇÃO E DA DISPOSIÇÃO EM ATERROS**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. 208 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

FIALHO, Arivelto Bustamante (2004). **AUTOMAÇÃO HIDRÁULICA: PROJETO, DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CIRCUITOS**. Editora Érica Ltda, 2<sup>o</sup> edição, 2004.

GUARNIERI, Patrícia (2011). **LOGÍSTICA REVERSA: EM BUSCA DO EQUILÍBRIO ECONÔMICO E AMBIENTAL**. Editora Clube de Autores, 1<sup>o</sup> edição, 2011.

IPEA, **INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA**, 25 de janeiro de 2017, disponível em <[https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-vaio-parareciclagem&catid=1:dirur&directory=1/](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-vaio-parareciclagem&catid=1:dirur&directory=1/)>. Acesso em: 15 maio 2020.

MACHADO, Rafaela dos Santos. **Avaliação da Eficiência do Tratamento Biológico de Lixiviado de Aterro Sanitário com Recirculação do Efluente por Lagoas de Estabilização**. Florianópolis: UFSC, 2009. 73 p. Conclusão (Graduação) - Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **COLETA SELETIVA**, 2020, disponível em <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclavéis/reciclagem-e-reaproveitamento/>>. Acesso em 17 maio 2020.

PEREIRA, Eduardo Vinícius (2019). **RESÍDUOS SÓLIDOS**. Editora Senac São Paulo, 1<sup>o</sup> edição, 2019.

SILVA, Emílio Carlos Nelli. **PMR 2481 - SISTEMAS FLUIDOMECÂNICOS**. São Paulo: USP, 2002. 114 p. Apresentação de uma apostila de pneumática à Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2002.

SOLOMAN, Sabrie (2010). **SENSORS AND CONTROL SYSTEMS IN MANUFACTURING**. McGraw-Hill Education publisher, 2nd edition, 2010.

THOMAZINI, Daniel, DE ALBURQUERQUE, Pedro Urbano Braga (2011) **SENSORES INDUSTRIAIS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES**. Editora Érica / Saraiva, 2011.

BREGALDA, Mayara Balboena, PAULINO, Veridiana C. SILVA, Wesley Batista da, **APLICAÇÃO DA NR-12 EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**. Curitiba: UTFPR, 2015. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

JUNIOR, Averaldo Alencar Coelho, SOUZA, Mikael Moraes de, SANTOS, Leon Denis Rodrigues, **A IMPORTÂNCIA DA NR-12 SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**. UNINORTE, 2018. 16 p. Centro Universitário do Norte, 2018.

MATTEDE, Henrique, **Dicas de como ligar uma tomada**. Disponível em:<<https://www.mundodaeletrica.com.br/dicas-de-como-ligar-uma-tomada/>>. Acesso em: 25 out. 2021.

ARAGÃO, Érica, **Cooperativas de reciclagem alertam como descartar resíduo e não contaminar catador**. Disponível em:<<https://www.cut.org.br/noticias/cooperativas-de-reciclagem-alertam-como-descartar-residuo-e-nao-contaminar-catad-430c>>. Acesso em 15 nov. 2021.