

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL 4.0**

**PRISCILA MAZZARO PAVAN  
SÉRGIO ROBERTO CAMINOSKI**

**INSPEÇÃO AUTÔNOMA NA INDÚSTRIA DA LINHA BRANCA**

**CURITIBA, PARANÁ  
2019**

**PRISCILA MAZZARO PAVAN  
SÉRGIO ROBERTO CAMINOSKI**

**INSPEÇÃO AUTÔNOMA NA INDÚSTRIA DA LINHA BRANCA**

Trabalho de conclusão de curso (TCC)  
apresentado ao curso de pós-graduação  
em engenharia industrial 4.0 da  
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle.

**CURITIBA - PR  
2019**

## RESUMO

Considerando que a variabilidade está presente em qualquer processo produtivo, uma indústria da linha branca, que tem hoje várias inspeções ao longo do seu processo produtivo sendo feitas por operadores de forma manual, elaborou um projeto de um sistema autônomo de inspeções utilizando robôs, scanners, softwares e câmeras. A célula selecionada foi a de teste de vazamento de gás e nela, além de ser testado o vazamento, houve a possibilidade de fazer medições autônomas dos “*gaps*” e “*flushes*” das portas dos refrigeradores. Para isso, foi utilizada uma câmera 3D laser fixa e um robô colaborativo. Os dados de todos esses testes e medições são armazenados numa CPU industrial e estão possibilitando a implementação de um sistema supervisorio para direcionamento de ações, prevenção de necessidade de intervenções nos processos e alterações nos produtos ou processos.

## Introdução

As implantações de novas tecnologias que visam melhorar processos produtivos, reduzir custos e prazos, fatores essenciais à perpetuação no mercado para qualquer empresa, trazem transformações necessárias e aumentam o interesse por alternativas como inspeções e controles autônomos do processo de produção. Isso porque a variabilidade está presente em qualquer processo produtivo, independente de quão bem ele seja projetado e operado. Se compararmos duas unidades produzidas pelo mesmo processo, elas jamais serão idênticas, mas a diferença entre as unidades pode ser imperceptível sem alterar as condições especificadas, ou pode ser grande, provocando assim o aparecimento de itens defeituosos.

A avaliação da qualidade, de acordo com Paladini (1990), pode ser feita quando da observação das características gerais dos processos produtivos no seu desenvolvimento, tendo como ideia básica a de que, controlando-se o processo, o produto dele resultante estará também controlado.

Para se obter os controles dos processos produtivos são necessários dados e argumentos comprobatórios da capacidade de atendimento às especificações empregadas, controles esses que trazem a possibilidade de ganhos em redução de atividades e custos. E no acompanhamento da produção, quanto antes for descoberta uma potencial unidade defeituosa, maiores serão as chances de recuperá-la e menores serão os custos perdidos no processamento.

A justificativa para o desenvolvimento deste tipo de controle inclui argumentos comuns, como melhora da qualidade das informações registradas, segurança da operação, agilidade e economia de custos com mão de obra (OKAMOTO, GRASSI, et al., 2012).

Uma determinada indústria voltada à produção para a linha branca tem hoje várias inspeções ao longo do seu processo produtivo sendo feitas por operadores de forma basicamente manual. Elas podem não ocorrer na frequência e na qualidade adequadas para garantir a detecção de anomalias no processo produtivo.

Com o objetivo de apresentar uma alternativa a esta situação, elaborou-se um projeto de um sistema autônomo de inspeções. Decidiu-se por substituir as células de inspeção onde as atividades são realizadas por operadores por células de inspeção autônomas, utilizando robôs, scanners, softwares.

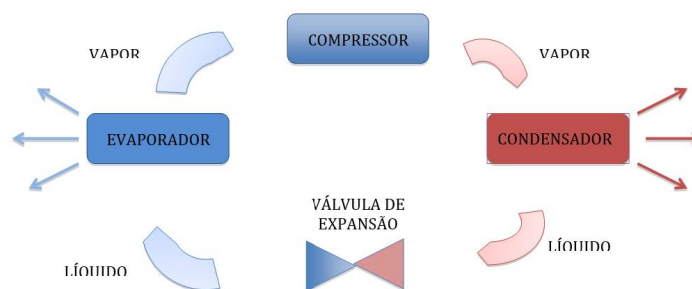
## **Sistema de refrigeração**

Antes de mostrar o cenário, é necessário entender o que é um sistema de refrigeração. A ideia básica de um refrigerador é de que ele utiliza a evaporação de um líquido para absorver calor. Esse líquido evapora a uma temperatura baixa e assim ele pode criar temperaturas geladas dentro do refrigerador.

Pode-se dividir o refrigerador em quatro grandes partes: o compressor, os tubos para troca de calor, a válvula de expansão e o fluido refrigerante. O mecanismo de funcionamento é basicamente assim: o compressor comprime o gás refrigerante, o que eleva a pressão e temperatura do fluido refrigerante de modo que os tubos de troca de calor internos da geladeira permitam que o fluido refrigerante dissipe o calor devido à pressurização. À medida que esfria, o fluido refrigerante se condensa em forma líquida e flui pela válvula de expansão. Quando passa pela válvula de expansão, o líquido refrigerante se move da zona de alta pressão para a zona de baixa pressão, e se expande e evapora. Os tubos de troca de calor de dentro da geladeira permitem que o fluido refrigerante absorva calor, fazendo com que a parte interna da geladeira fique fria. Então, o ciclo se repete.

O desempenho de um sistema de refrigeração por absorção é extremamente dependente das propriedades químicas e termodinâmicas do fluido de trabalho. Um requisito fundamental para uma combinação de absorvente / refrigerante é que, em fase líquida, estes precisam ser miscíveis na faixa de temperatura de operação do ciclo. É importante ainda que a mistura seja quimicamente estável, não tóxica, não explosiva, não corrosiva e inofensiva ao meio ambiente (MORAES, 2012).

Figura 1 – Ciclo de Refrigeração



## Cenário atual

A célula selecionada para ter a inspeção automatizada foi a de teste de vazamento de gás. Nela são realizados os testes de fuga ou vazamento do gás refrigerante, que basicamente é uma operação feita com o uso de um equipamento chamado sniffer de forma manual. O operador aproxima a extremidade da ponteira desse equipamento nos pontos onde foram realizadas as soldas do sistema de refrigeração. O tempo mínimo de detecção é de 3 segundos por ponto e a ponteira precisa estar a uma distância mínima de 4 mm do ponto de solda.

Caso existam micro vazamentos, o aparelho emite um alarme e o operador então preenche uma ficha amarela e a fixa no produto indicando o ponto onde esse vazamento ocorreu. O produto segue na linha e fica a cargo de um outro operador mais a frente encaminhar o produto para a área de retrabalho. Nesta área, um terceiro operador realiza uma nova operação do sistema e registra numa base de dados a não conformidade (ponto do vazamento). Em seguida, o produto retorna para que seja realizado novamente o teste de fuga.

Os produtos que não apresentam vazamento no primeiro teste manual, passam por um segundo teste já autônomo com o produto embalado antes da expedição. Essa condição de estar embalado é favorável para detectar micro vazamentos porque aumenta a concentração de gás que fica retido dentro da embalagem, evitando que o produto seja enviado para campo sem a correção da falha.

Figura 2 – Segundo teste autônomo.



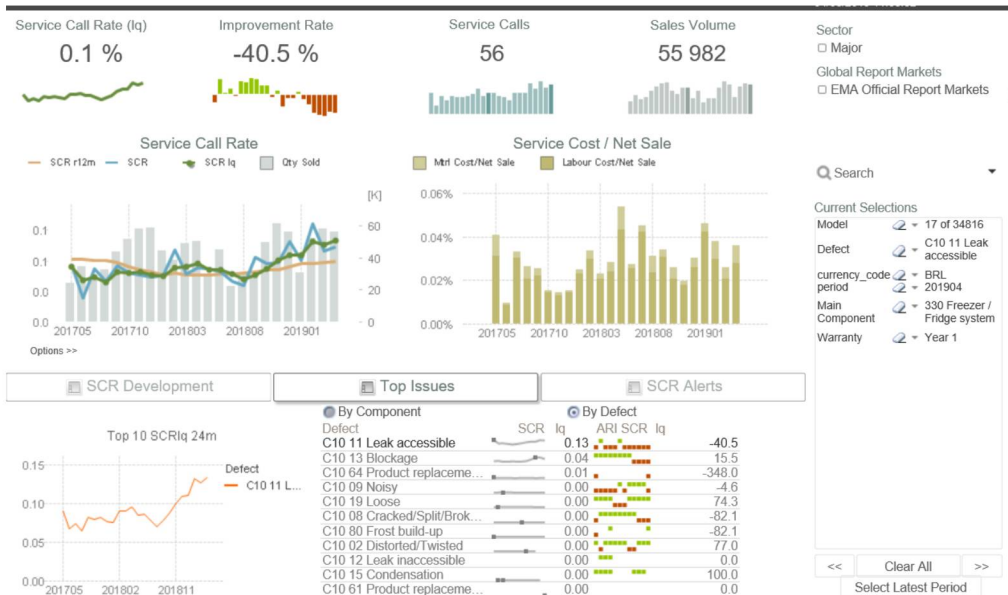
Nesta célula detalhada anteriormente detectou-se possibilidades de melhorias, já que como o teste é realizado de forma manual, existe a possibilidade de o operador não deixar o tempo mínimo de detecção (3 segundos), não inserir a ponteira na distância mínima (4 mm), como também esquecer de inspecionar algum ponto de solda. Outra vulnerabilidade dessa célula é o fato de ficar a cargo do operador informar o ponto onde existe a fuga do gás, tendo a possibilidade de indicar outro ponto por engano, ou mesmo de esquecer-se de colocar a identificação para que esse produto seja retirado para retrabalho.

Na área de retrabalho, há também vulnerabilidades, podendo ocorrer enganos no momento de inserir as não-conformidades no programa que contabiliza as falhas ou mesmo esquecer de cadastrá-las. Esse processo é importante, pois elabora a base de dados para análises dos processos e é dessa base que se consegue extrair informações para as melhorias do processo a fim de evitar novos vazamentos.

## **Proposta**

Apesar da quantidade de itens defeituosos no campo ser pequena, em torno de 0,1% entre 2018 e 2019, o custo desta correção é elevado. Algumas vezes é necessária a troca do produto porque o cliente não aceita o retrabalho e sempre pode haver prejuízo para a marca.

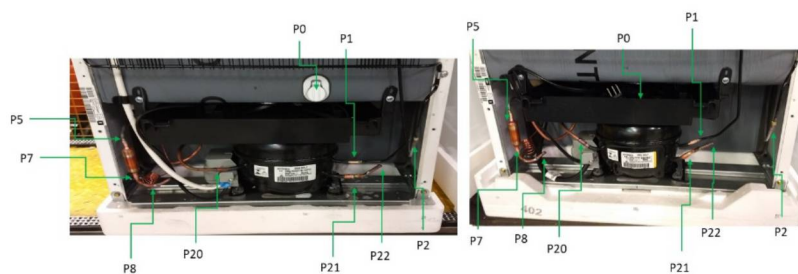
Figura 3 – Painel de identificação de problemas do produto no campo.



A proposta então é fazer o teste de vazamento de gás refrigerante de forma autônoma com a utilização de robôs e *scanners*. Cabe pontuar, inicialmente, algumas especificidades da linha de produção que influenciaram na escolha da solução.

Na linha em questão, são produzidos simultaneamente mais de um modelo de produto e com compressores de marcas e modelos diferentes, o que impacta na variação do posicionamento dos tubos.

Figura 4 – Posicionamento dos tubos.



Também o fato de termos mais de um modelo de produto sendo produzidos ao mesmo tempo, possibilita termos mais ou menos pontos a serem testados. Como as soldas são feitas de forma manual, o posicionamento dos tubos fica a cargo do operador da solda, que não garante um posicionamento preciso, permitindo variações nos eixos X, Y e Z.

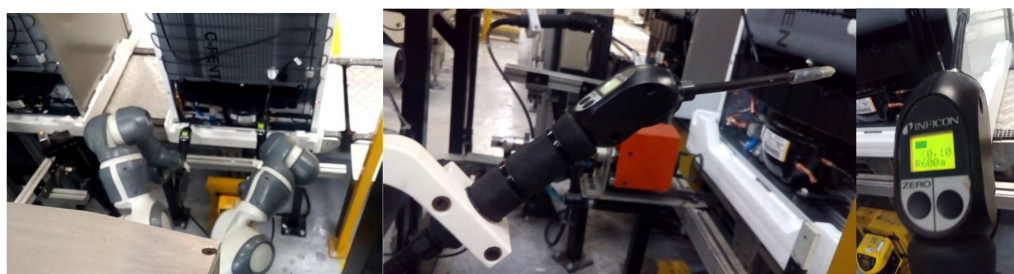
Outra especificidade que foi preciso olhar antes de fazer a proposta é quanto ao tempo de análise para cada ponto de verificação que não pode ser inferior a 3 segundos e deve ser realizado no ponto da linha após a saída da área dos testes funcionais dos produtos (teste de desempenho/performance). É, pois, desta forma, que se garante que o gás percorreu por todo o sistema e que existe pressão positiva nos pontos de alta pressão.

O equipamento de verificação de fuga ou vazamento de gás escolhido foi do fabricante *Inficon* modelo *ECOTEC E300* e ele está regulado para uma precisão de 1,2g/ano para o gás 134a e 0,5g/ano para o gás R600, os dois gases utilizados nos produtos produzidos nessa linha.

Ele possui uma ponteira (*sniffer*) que coleta e analisa uma parcela do gás presente na periferia dos pontos de união/solda do circuito de refrigeração próximos ao compressor do produto, pontos esses que variam de 8 a 10 de acordo com o modelo do produto ou compressor a ser inspecionado.

Esse equipamento foi acoplado ao braço de um robô colaborativo do fornecedor *ABB*, modelo *Yumi*. É um robô de braço duplo, o que possibilitou a inclusão de dois equipamentos *ECOTEC E300* por robô, o que garante um menor tempo de teste. Além disso, a opção pelo robô colaborativo se deve ao fato de que ele precisa de um espaço físico de instalação menor do que robôs não-colaborativos que por essa condição precisam ser enclausurados. Na célula a questão do espaço era limitante.

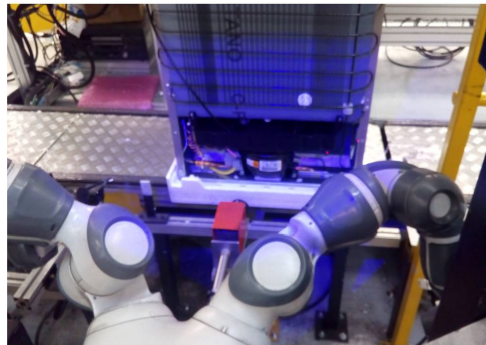
Figura 5 – *ECOTEC E300* e robô colaborativo *ABB Yumi*.



Para resolver a questão das variações do posicionamento dos tubos e para evitar que o robô colida a ponteira com os tubos, foi necessária a colocação de uma câmera que tem a função de identificar os posicionamentos dos tubos e com essa informação

guiar os braços do robô na posição mais próxima possível dos pontos de solda a serem inspecionados.

Figura 6 – Câmera de identificação dos tubos de refrigeração.

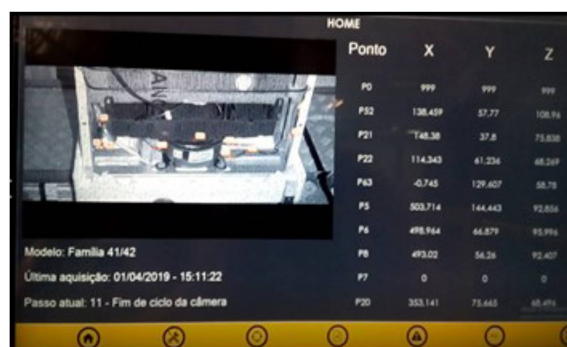


Para alcançar um bom desempenho, inúmeras imagens foram coletadas afim de produzir alguns padrões tanto para a leitura e localização pelo sistema, como também alguns limites de posicionamento da tubulação para os operadores.

Caso a câmera do sistema não encontre os posicionamentos dos tubos, por questões de segurança do sistema o teste não é realizado e o produto é considerado como reprovado. Então ele é direcionado de forma automatizada para a área de recuperação para que a tubulação seja reposicionada e o produto retorne para a linha para refazer os testes.

Já quando a câmera detecta o posicionamento, o teste é realizado observando o tempo mínimo de 3 segundos por ponto de solda. A cada teste realizado, o sistema registra e determina a aprovação ou reprovação do produto, mantendo esses dados em um CPU industrial.

Figura 7 – CPU industrial.



O produto aprovado será identificado de forma autônoma através de uma marca (carimbo na base de EPS do produto) e direcionado para continuar na linha de produção. Agora se por ventura o produto tiver status de reprovado, ele será identificado através de uma marca (carimbo na base de EPS do produto) e o produto será direcionado de forma automatizada para a área de retrabalho. Após o retrabalho, o produto é novamente inserido na linha de montagem e submetido novamente aos testes funcionais dos produtos (teste de desempenho/performance) e em seguida nova inspeção.

Para assegurar o bom funcionamento do sistema de inspeção de vazamento e certificar que não existem contaminações na ponteira que pudessem comprometer a qualidade do teste, foi integrado na parte frontal do equipamento *ECOTEC E300* um dispositivo chamado *ECO Check* capaz de realizar a auto verificação de funcionamento do *ECOTEC E3000*. Este equipamento compensa a queda de temperatura e permite que a calibragem seja feita com a precisão desejada. O sistema faz a auto calibração a cada hora ou quando existir uma intervenção de um operador, seja para alguma análise ou troca de algum componente do sistema.

Figura 8 – *ECO Check*

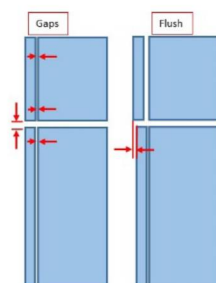


## Segunda Proposta

Com o intuito de otimizar recursos (CPU, Leitores, IHM), avaliou-se a possibilidade de aproveitar a célula de teste de vazamento de gás refrigerante para inserir o teste de medições autônomas dos “*gaps*” e “*flushes*” das portas dos

refrigeradores. Trata-se da medição dos espaços entre as portas e as laterais do produto (“gaps”) e o alinhamento das portas do freezer e refrigerador (“flushes”) a fim de verificar variações e desnivelamentos. Optou-se então por utilizar uma câmera 3D laser fixa, conhecida por *Laser Profile*.

Figura 9 – Gaps e Flushes



A medição de “gaps”, que é o posicionamento das portas em relação ao gabinete, tem em média 10 pontos por produto e é realizada de forma manual utilizando um paquímetro. Essa atividade é realizada em um laboratório de ensaio por onde passam em média apenas 2% da produção. Os dados são digitados em uma planilha de *Excel*, na qual foram padronizadas fórmulas e gráficos para facilitar a análise dos dados. Contudo a digitação é feita de forma posterior a uma série de medições realizadas, podendo ocorrer erros de digitação.

Figura 10 – Planilha de dados de medição de “gaps”.

Global Parameters																																																			
Nominal Value				A				D				Nominal Value				A				D																															
Value				M				2				1,5				Value				D				2				1,5																							
Upper Spec Limit (USL)				N				Upper Tol				J				Upper Spec Limit (USL)				N				Upper Tol				J																							
Lower Spec Limit (LSL)				M				Lower Tol				J				Lower Spec Limit (LSL)				N				Lower Tol				J																							
IMPUTS - Door Gap Alignment													IMPUTS - Fxz Cabinet X Front Gap													IMPUTS - Ref Cabinet X Front Gap													IMPUTS - Flngph												
Model	Serial Number	Date	Week	Left Side	Right Side	StkMMS (Dsk)	NC	Upper Side	Lower Side	StkMMS (Dsk)	NC	Upper Side	Lower Side	StkMMS (Dsk)	NC	Right Side	Left Side	MMS (Dsk)	NC																																
DC4HA	1470008	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470009	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470010	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470011	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470012	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470013	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470014	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470015	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470016	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470017	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470018	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470019	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470020	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470021	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470022	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470023	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470024	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470025	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470026	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470027	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470028	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470029	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																
DC4HA	1470030	30/04/2017	47	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	A	0,0	0,0	0,0	0,0																																

Com a proposta de automatizar o processo de medição dos “gaps” e “flushes”, os produtos deverão ser reconhecidos através do código de barras presente

em cada refrigerador e o sistema deverá identificar as posições a serem medidas, bem como seus respectivos valores padrão.

O projeto contempla o uso de um robô colaborativo similar ao da célula de teste de vazamento para realizar as medições. Como o produto fica nessa célula por 20 segundos em média, esse robô pode absorver a atividade de colocação da etiqueta ENCE na porta freezer dos produtos além da realização do teste.

Na garra desse robô, além do dispositivo para colocar a etiqueta foi colocada também uma câmera 3D que é movimentada até os pontos especificados para a coletas das medições.

Figura 11 – Robô colocando Etiqueta ENCE.



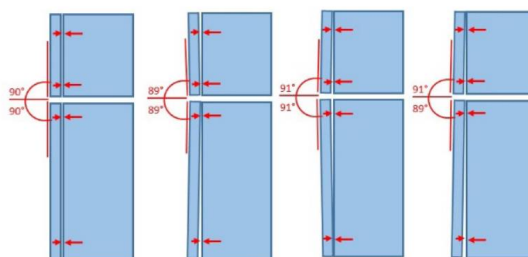
Contudo, no decorrer dos primeiros testes do projeto, descobriu-se que quando se usa determinado peso nas garras de robôs colaborativos, eles, por questões de segurança, trabalham com a velocidade bastante reduzida e o tempo necessário para o teste acabou não sendo suficiente para realizar as duas atividades: medições e colocação da etiqueta.

Com isso, avaliou-se a possibilidade de trocar o robô por um outro não colaborativo, mas então seria necessário colocar todos os itens de segurança (grades, barreira, *scanners*) para enclausurá-lo, o que tornaria o escopo desse projeto inviável já que na célula não há tanto espaço físico disponível.

Após várias discussões de como resolver essa questão, chegou-se à conclusão de que seria possível realizar as medições com a câmera 3D fixa, posicionada de forma a ser capaz de realizar as medidas das distâncias entre as

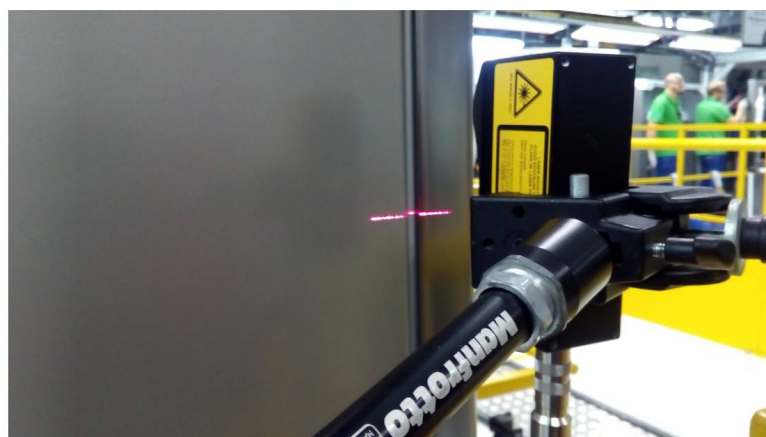
portas e laterais do produto através da medição dos ângulos entre as portas. Com isso, seria possível criar uma relação entre o ângulo medido e o posicionamento das portas tal que trouxesse um padrão para identificar os desnivelamentos. Foi determinado então um ponto fixo, nesse caso a dobradiça intermediária do produto, servindo como o ponto “zero” de referência para as medições.

Figura 12 – Ângulos entre as portas do refrigerador e do congelador.



Após a instalação, coletou-se dados por aproximadamente um mês com o intuito de determinar a relação entre o ângulo e os valores dos “gaps”.

Figura 13 – Câmera 3D *Laser Profile*



### Próximos Passos:

Da forma como o projeto da célula de teste de vazamento foi inicialmente projetado, as informações referentes as reprovações, sejam elas por falha na leitura, mal posicionamento dos tubos ou em qual tubo teve o vazamento, ficam armazenadas em um CPU industrial junto a célula. Assim, quando um produto reprovado pela célula

vai para área de retrabalho, o operador não dispõe da informação na área, ele retesta o produto ou vai consultar as informações que estão disponíveis em forma de tabela, na tela do CPU na célula de inspeção.

Com a finalidade de melhorar essa condição, está sendo previsto o envio dos dados para a rede da empresa e no setor de retrabalho será um instalado CPU com leitor de códigos de barra. Então o operador fará a leitura do código de barras do produto e na tela do computador ficará disponível de forma clara, já tratada, o motivo pelo qual o produto foi reprovado.

Figura 14 – Tela do Computador



Também faz parte dos próximos passos a instalação do programa RI, Relatório de Inspeção. Esse sistema parte do princípio de que todos os produtos nascem reprovados e que vão adquirindo as aprovações a cada teste realizado no processo de manufatura. Se em algum teste o produto não for aprovado, e por algum erro esse produto seja concluído e encaminhado para a área de expedição, o sistema não emite a etiqueta que é posicionada na coluna da embalagem, etiqueta essa que possui as informações do produto para os lojistas. Sem essa etiqueta não são geradas as notas fiscais e o produto é impedido de sair da fábrica sem a devida correção.

## Implementação de um Supervisório

Também está sendo previsto um sistema supervisorio, onde poderão ser analisados dados e gráficos estatísticos das principais falhas para o melhor direcionamento de ações, ou mesmo prever a necessidade de uma intervenção/ alteração no produto ou processo, para sanar as falhas.

Em relação ao teste de medição do posicionamento das portas, com os valores coletados, o sistema deverá ser capaz de aprovar/reprovar o produto, de gerar gráficos com os valores coletados, calcular as diferenças entre os pontos que forem determinados, calcular o coeficiente de variação, o CP (índice de capacidade potencial do processo que considera que o processo está centrado no valor nominal da especificação) e o CPK (índice de desempenho que leva em consideração a distância da média do processo em relação aos limites de especificação), para a linha e por modelo de produto e, nos casos de reprovação, informar qual o ponto medido que está fora da especificação.

Já no caso do teste de vazamento, o sistema deverá informar em qual ponto de solda houve a constatação de vazamento, deverá trazer gráficos por modelos de produto, por pontos de solda.

Com todas essas informações será possível além de corrigir, de prever possíveis falhas. Curvas de tendências poderão indicar o início de desvios e assim permitir ação preditiva no processo.

Figura 15 – Supervisorio



## Conclusão

A primeira e a segunda propostas de automatização das inspeções de qualidade trouxeram a garantia de que 100% dos produtos produzidos são testados de forma adequada. Além disso, a captura dos dados desses testes possibilitaram a

construção de uma base de dados que, tratada, oferece informação rápida e resumida ao operador de forma a evitar falhas e prevenir desvios.

Houve também ganhos financeiros diretos para a empresa, uma vez que essa célula automatizada permitiu a redução de operadores necessários para realizar as três operações da célula: teste de vazamento, medição de “*gaps*” e “*flushes*”, colocação de etiqueta.

Inicialmente a ideia foi aplicada em uma linha de produção, mas a proposta é extensível às demais linhas e também pode ser adaptada para outros tipos de inspeções e indústrias.

Vale ressaltar, por último, que as tecnologias utilizadas pertencem à Terceira Revolução Industrial, porém a forma como a integramos e resultamos no sistema supervisorio permitiu que a solução se enquadrasse nos critérios da Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0.

## Referências Bibliográficas

MORAES, A.N.; Simulação numérica de um ciclo de refrigeração por absorção. Brasília, 2012. Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro mecânico (graduação), Universidade de Brasília.

OKAMOTO, J. Jr.; Grassi, V. Jr.; Amaral, P. F. S.; Pinto; M., B. G.; Pipa, D.; Pires, G. P.; Martins, M. V. M. Development of an Autonomous Robot for Gas Storage Spheres Inspection. Journal of Intelligent and Robotic Systems, v. 66, p. 23-35, 2012. ISSN 66:23– 35.

PALADINI, E. P. Controle de Qualidade - Uma abordagem abrangente. São Paulo: Atlas S.A., 1990.

<https://www.inficon.com/>

<https://new.abb.com/products/robotics/pt>

Figura 1 – Ciclo de Refrigeração

[http://eficienciaenergetica.blogspot.com/2009\\_08\\_01\\_archive.html](http://eficienciaenergetica.blogspot.com/2009_08_01_archive.html)