

## **STUDY AND CONCEPTION OF AN INDUSTRIAL EQUIPMENT AUTOMATIC PLACEMENT OF FOOD PRODUCTS IN TRAYS**

Rodrigues de Seabra, Eurico Augusto; Albuquerque, Luis; Ferreira da Silva, Luis  
Universidade do Minho

This paper describes the study and conception of an industrial equipment for automatic placement of food products in trays. This need arises when the verification of disability in the quality of actions such as pick and place products that provide high viscosity and consistency. Case examples are the bolinhos de bacalhau, which are made-up from glycosides links that induce sticky contacts.

The intention is innovation of a conceptual solution that aims to use the engine of the conveyor belt, to jointly move the tool on food product. For these cases we treat sticky and consistent products that the function comprises a long delicate manipulation.

**Keywords:** Mechanical design; Wraps systems; Glycoside bonds

## **ESTUDO E CONCEÇÃO DE UM EQUIPAMENTO INDUSTRIAL PARA COLOCAÇÃO AUTOMÁTICA DE PRODUTOS ALIMENTARES EM CUVETES**

O presente artigo descreve um projeto de um equipamento industrial para colocação automática de produtos alimentares em cuvetes. Esta necessidade surge quando na verificação de incapacidade de qualidade em ações como pegar e colocar produtos que proporcionam elevada viscosidade e consistência. Casos de exemplos são os bolinhos de bacalhau, que são confeccionados a partir de ligações glicosídicas que induzem contactos pegajosos.

A intenção é a inovação de uma solução conceptual que visa a utilização da motorização do tapete transportador, no sentido de deslocarmos solidariamente ferramenta sobre o produto a ser manipulado. Pois nestes casos tratamos produtos pegajosos e consistentes aos quais a função pegar compreende um tempo maior de manipulação delicada.

**Palabras clave:** Projeto mecânico; Sistemas de embalamentos; Ligações glicosídicas

## 1. Introdução

O presente artigo descreve fases do projeto de um possível equipamento para colocação automática de produtos alimentares em cuvetes. Esta necessidade surge devido a se ter verificado a inexistência de soluções no mercado adequadas e fiáveis para realizar as ações necessárias ao processo, como pegar e colocar produtos que têm elevada viscosidade e consistência, como é o caso do polme dos bolinhos de bacalhau (figura 1), que são confeccionados a partir de ligações glicosídicas do amido e que assim originam a ocorrência de contactos extremamente pegajosos. A figura 2 ilustra os bolinhos de bacalhau após a sua confeção.

**Figura 1: Polme dos bolinhos de bacalhau**



**Figura 2: Bolinhos de bacalhau fritos**



Foi neste contexto que surgiu a oportunidade do desenvolvimento deste equipamento, o qual visa a difícil manipulação de um produto de exclusividade gastronómica portuguesa e sendo o seu consumo muito generalizado (Wikipedia, 2014).

### 1.1 Objetivos

Pretende-se a implementação de um equipamento autónomo apropriado ao preenchimento organizado de cuvetes com produtos alimentares. O equipamento deve permitir a manipulação de produtos dispostos aleatoriamente num tapete rolante, que recolhe o polme na forma aproximada de um prisma triangular. (forma geométrica típica dos bolinhos de bacalhau), que vêm de uma máquina automática de conformação e corte do polme. O sistema de manipulação a desenvolver, deverá trabalhar em funcionamento contínuo, sem interrupções de manutenção ou realização de outras tarefas. Terá de possuir repetibilidade e qualidade na execução das tarefas, bem como eficiência na sua integridade física e económica.

Assim, os produtos relativos a este estudo compreendem os pegajentos bolinhos de bacalhau que têm de ser depositados inclinados de modo a deste modo ser otimizada a área disponível da cuvette (figura 3).

**Figura 3: Cuvete preenchida com uma dúzia de bolinhos de bacalhau (Soguima, 2014)**



## 1.2 Contribuição

A indústria alimentar trata a maior parte das ponderações das produções a nível mundial. Percebe-se assim, que o desenvolvimento de soluções inovadoras que permitam a elevação da competitividade destas empresas é uma necessidade (Franklin, 2009).

Por outro lado, entende-se que a prática de soluções automáticas proporciona mais segurança, mais qualidade e mais higiene na produção dos produtos alimentares comercializados.

Assim e desta forma, considera-se que o presente projeto de bem de equipamento agrega valor não só pelo desenvolvimento técnico inovador mas também, pelo desenvolvimento de um produto exclusivo num setor primordial nacional.

## 2. Estado da arte

O estado da arte indica o nível mais alto do desenvolvimento de uma técnica, de um produto ou de uma área. Permite estabelecer o ponto em que o produto em questão deixa de ser um projeto para se tornar numa invenção (Wikipedia, 2015a).

Neste contexto, seguidamente descrevem-se conceitos inerentes a este estado da arte no intuito de se fazer entender e conhecer efetivas implementações de manipulações de produtos alimentares.

[6]

### 2.1 Bolinhos de bacalhau

Os bolinhos de bacalhau consistem numa pasta viscosa, consistente, filamentosa e gordurosa de produtos cozinhados (Gastronomias, 2015). Incorporam, produtos hortícolas (batata e salsa), gorduras vegetais (azeite e óleos) e produto do mar (bacalhau). É normalmente cozinhado em óleos vegetais a quente (temperatura aproximada de 180°C).

Normalmente são produzidos três tipos de bolinhos de bacalhau com 30, 45 e 60 g. Os seus comprimentos longitudinais compreendem os valores de 5,5 a 6,5 cm e têm a forma aproximada de um prisma triangular (figura 3).

Pode-se dizer que quanto mais alta a temperatura menos consistência e menos viscosidade tem o polme. Na figura 4 podemos verificar o difícil polme destes produtos a serem manipulados.

**Figura 4: Polme dos bolinhos de bacalhau (Lutosa, 2015)**



### 2.2 Manipulações

As manipulações podem ser realizadas por processos manuais ou automáticos e correspondem à efetivação de ações preestabelecidas, que neste caso específico, prendem-se com o preenchimento organizado de produtos alimentares em cuvetes.

### Manipulações manuais

O conceito das manipulações manuais para a colocação de produtos alimentares em cuvetes, normalmente é implementado com a utilização de tapetes rolantes e pelo trabalho de operários/as que realizam as funções de selecionar, pegar e colocar produtos alimentares em cuvetes (Wikipedia, 2015b). Nestes casos, considera-se que oito operários permitem a manipulação de cerca de quinhentas unidades por minuto.

O conceito das manipulações manuais de produtos alimentares está devidamente ilustrado na figura 5.

**Figura 5: Manipulações manuais (Skfoodgroup, 2015)**



Estas manipulações permitem na prática um processo semiautomático de preenchimento com baixa qualidade no sentido quantitativo e razoável qualidade no sentido qualitativo.

Assim, este tipo de processo só se deve utilizar em casos de baixas cadências de produção onde a precisão e exatidão da organização dos produtos não é um fator primordial e exigido. Por outro lado, apesar da implementação física deste tipo de manipulação apresentar um custo reduzido, a sua manutenção e o custo do trabalho intensivo dos operários, é muito importante ter em conta, quando da escolha de implementação do mesmo.

### Manipulações automáticas

O conceito das manipulações automáticas para a colocação de produtos alimentares em cuvetes, concebe-se pela utilização dos sistemas de tapetes rolantes transportadores, sistemas de rastreamentos, robôs equipados com ferramentas e alimentadores de cuvetes. Estas manipulações são comumente definidas na indústria por sistemas de *pick and place* (sistemas para pegar e colocar). Este conceito demonstra-se na figura 6.

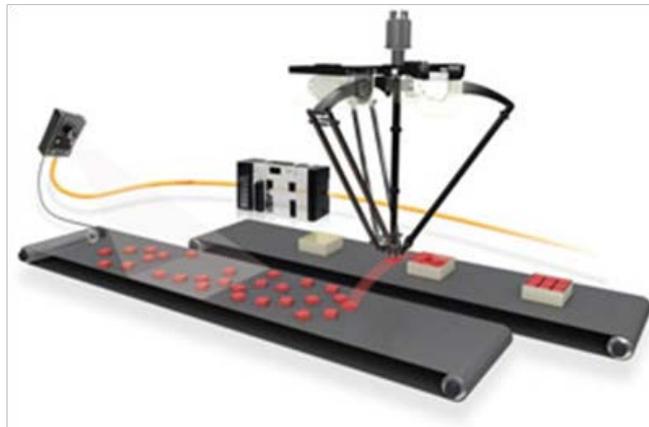
As manipulações automáticas permitem realizar na prática um processo autónomo de preenchimento com elevada qualidade, no sentido quantitativo e elevada qualidade no sentido qualitativo. Assim, com esta implementação é possível operar com elevadas cadências de produção, onde a precisão, exatidão e conservação dos produtos na organização do preenchimento é um fator primordial e exigido.

Neste sentido, a implementação destes tipos de sistemas tem a desvantagem de requerem à partida um custo económico muito elevado, comparativamente com os sistemas de manipulação manuais, mas em contra partida, permitem atingir elevada repetibilidade e produtividade com reduzidos custos de mão-de-obra.

Contudo, existe o problema já enunciado, no caso da manipulação dos bolinhos de bacalhau, pois nos sistemas automáticos de manipulação disponíveis no mercado, existe uma incapacidade de qualidade para realizar as ações de pegar e colocar produtos consistentes

e pegajosos. É neste contexto que se descreve e discute neste artigo a solução inovadora desenvolvida para esta aplicação específica.

**Figura 6: Sistemas de *Pick and place* (Plcautomations, 2015)**



### **3. Projeto conceptual**

Um projeto conceptual consiste num estudo e desenvolvimento de ações abstratas ou físicas, às quais está associada uma necessidade e exigência (Bkcase, 2014, Ulrich and Eppinger, 2012,. Cross, 2008). É neste sentido, que o presente capítulo tem por intenção descrever o projeto das soluções conceptuais geradas e os desenvolvimentos relativos às necessidades das mesmas.

Inicialmente definem-se as necessidades e especificações técnicas. Sucessivamente, descrevem-se as dificuldades encontradas relativamente a automatização do processo de manipulação de bolinhos de bacalhau. Seguidamente, apresenta-se a árvore dos objetivos, bem como as etapas relativas ao desenvolvimento deste projeto. Posteriormente, demonstram-se as soluções conceptuais geradas e desenvolvidas. E finalmente, descreve-se a solução conceptual selecionada por análise de valor.

#### **3.1 Especificações**

Pretende-se a implementação de um equipamento autónomo e eficiente no preenchimento organizado de cuvetes normalizadas com bolinhos de bacalhau. O equipamento deve permitir a manipulação de quinhentas unidades por minuto, no preenchimento de cuvetes de oito e doze unidades. Deverá trabalhar em funcionamento contínuo, sem interrupções de manutenção ou realização de outras tarefas. Terá de possuir repetibilidade e qualidade na execução das tarefas, bem como eficiência na sua integridade física e de custo económico competitivo.

Em detalhe, os bolinhos de bacalhau devem ficar dispostos com um ângulo de setenta graus em relação ao eixo longitudinal da cuvette, como se pode verificar na figura 3.

#### **3.2 Dificuldades**

A descrição das dificuldades tem por objetivo obter e sistematizar em pormenor, quais as etapas ou necessidades que se devem desde do início cumprir, no sentido de se poder obter uma solução conceptual apropriada e fazível.

##### **Polme coalescente**

A primeira dificuldade encontrada quando no desenvolvimento das primeiras soluções foi a ligação pegajenta e viscosa do polme dos bolinhos de bacalhau. Neste artigo esta ligação ou aderência segue a definição de ligação coalescente.

Esta observação dá-se quando se analisa a produção de bolinhos de bacalhau, em que se repara que algumas unidades seguem coladas ao tapete durante a rotação ou inversão do sentido do mesmo. Inicialmente pensava-se que esta ligação era provocada pelo amido da batata cozida, mas segundo uma primeira experiência realizada para aferir o grau da ligação coalescente, provou-se que a utilização do ovo na confeção dos bolinhos de bacalhau, também influencia e potencializa a elevação do grau da aderência do polme. Este facto, prejudica e dificulta ainda mais a sua manipulação. Para tal, foram realizadas mais experiências para aferir o grau da ligação coalescente dos bolinhos de bacalhau no sentido de se poder interpolar novas soluções.

Nestas experiências demonstrou-se a dificuldade de manipulação do polme dos bolinhos de bacalhau utilizando superfícies não lubrificadas e lubrificadas. Nas quais, se conclui que a água é um dos melhores lubrificadores, ou seja, permite "cortar" a ligação coalescente.

#### **Aleatoriedade**

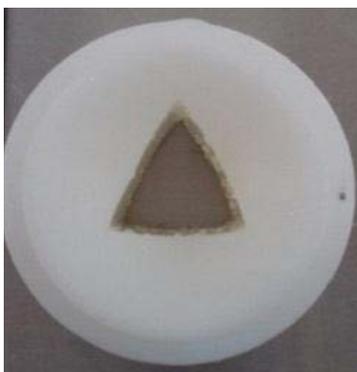
A aleatoriedade de queda no tapete de recolha da máquina de produção de bolinhos de bacalhau, conforme ilustrado na figura 7, é uma outra dificuldade encontrada quando no desenvolvimento de soluções conceptuais capazes, pois induz um menor número de soluções conceptuais que hipoteticamente poderiam ser concebidas.

**Figura 7: Aleatoriedade de queda de bolinhos de bacalhau no tapete de recolha**

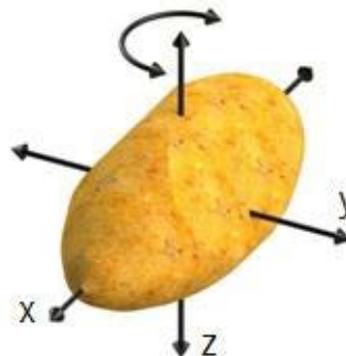


Esta aleatoriedade é provocada pelo processo de extrusão direta e por acelerações induzidas no corte em diafragma do polme para dar origem às unidades de bolinhos na forma aproximada de prisma triangular. Na figura 8 mostra-se a respetiva a matriz de extrusão direta utilizada para a produção dos bolinhos de bacalhau. A figura 9 evidencia os eixos considerados para a definição da aleatoriedade dos bolinhos de bacalhau.

**Figura 8: Matriz de extrusão direta da produção de bolinhos de bacalhau**

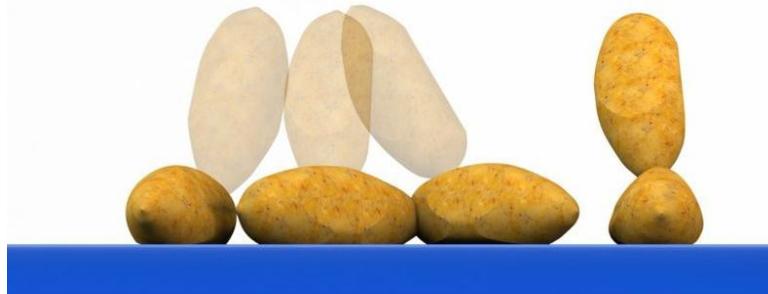


**Figura 9: Referencial dos bolinhos de bacalhau**



Durante a abertura e fecho do diafragma aleatoriamente devido a ligação coalescente, o polme dos bolinhos de bacalhau fica colado num dado ponto do perímetro do corte. Este movimento induz assim, acelerações em sentidos aleatórios a partir destes mesmos pontos. Como se verifica na figura 10 o fluxo de bolinhos de bacalhau do lado esquerdo segue uma aleatoriedade que não acontece no fluxo do lado direito, considerado o fluxo ideal.

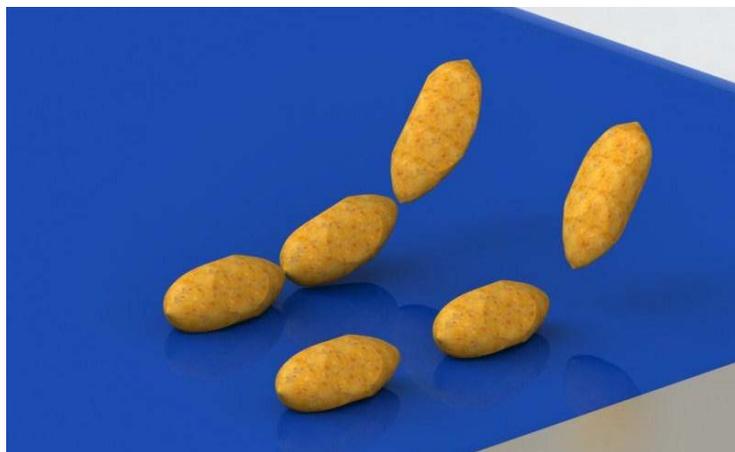
**Figura 10: Aleatoriedade dos bolinhos de bacalhau segundo os eixos y e z**



Por outro lado, devido à existência desta ligação, percebe-se que as acelerações provocadas pelo tapete de transporte serão, também aleatórias. Isto acontece porque o grau da ligação varia conforme o tipo da projeção, deformação e áreas de contacto do produto com o tapete rolante transportador.

Um outro proporcionador da aleatoriedade é a velocidade linear do tapete rolante em relação à cadência da produção utilizada para os bolinhos de bacalhau. Como se observa na figura 11 os bolinhos de bacalhau do lado esquerdo seguem unidos e os do lado direito não, considerados estes últimos a forma de posicionamento ideal no tapete rolante.

**Figura 11: Aleatoriedade dos bolinhos de bacalhau segundo o eixo x**

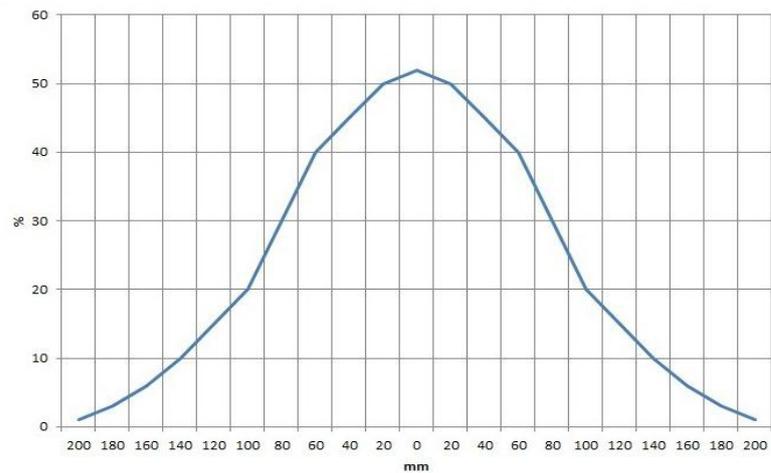


Este acontecimento sucede-se devido a relação entre a velocidade linear do tapete rolante e a cadência de produção. Percebe-se que, quanto maior for a velocidade linear para uma dada cadência, maior será a aceleração do bolinho de bacalhau segundo o eixo x, quando da projeção destes no tapete.

A aleatoriedade das posições e orientações dos bolinhos de bacalhau na produção foi analisada estatisticamente no sentido de se obter qual o toleranciamento máximo, bem como a ponderação das várias posições possíveis.

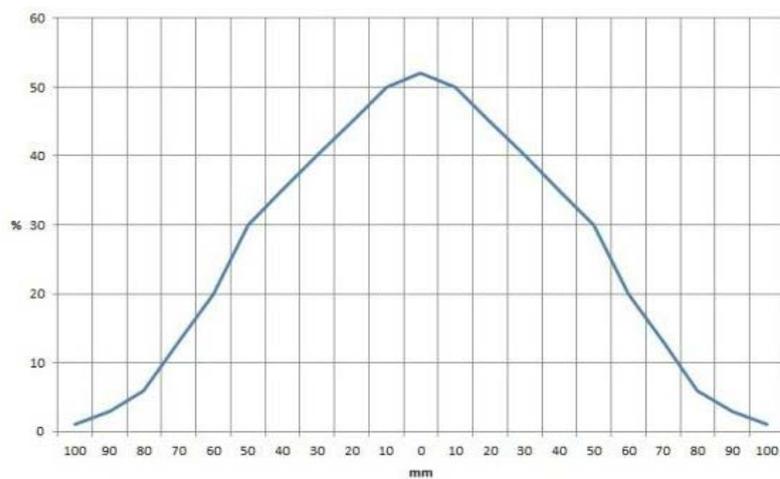
Na figura 12 pode-se verificar que a máxima distância entre os bolinhos de bacalhau segundo o eixo x, eixo longitudinal, ronda os 200 mm e que pelo menos 50% dos bolinhos de bacalhau ficam deslocados em 30 mm para ambos os sentidos.

**Figura 12: Desalinhamento segundo o eixo x**



Na figura 13 pode-se analisar que a máxima distância entre os bolinhos de bacalhau segundo o eixo y, eixo perpendicular, se situa nos 100 mm e que pelo menos 50% dos bolinhos de bacalhau ficam distanciados em 20 mm para ambos os sentidos. Na figura 14 verifica-se que a máxima rotação dos bolinhos de bacalhau segundo o eixo z, eixo vertical, é de cerca 100° e que pelo menos 50% dos bolinhos de bacalhau ficam rodados 10° para ambos os sentidos.

**Figura 13: Desalinhamento segundo o eixo y**



**Figura 14: Desalinhamento segundo o eixo z**



### Outras dificuldades

Outra dificuldade encontrada é o facto do volume/área de preenchimento das cuvetes ser reduzido e se pretender otimizar o seu preenchimento com o máximo de bolinhos. Para tal ser possível, os bolinhos de bacalhau têm que ficar adjacentes ou juntos, como se verifica na figura 3, apresentada previamente.

Considera-se ainda uma outra dificuldade encontrada o facto do volume de implementação ser de ação corrosiva. Nestas situações os custos dos materiais torna-se significativo quando da seleção de certas soluções conceptuais.

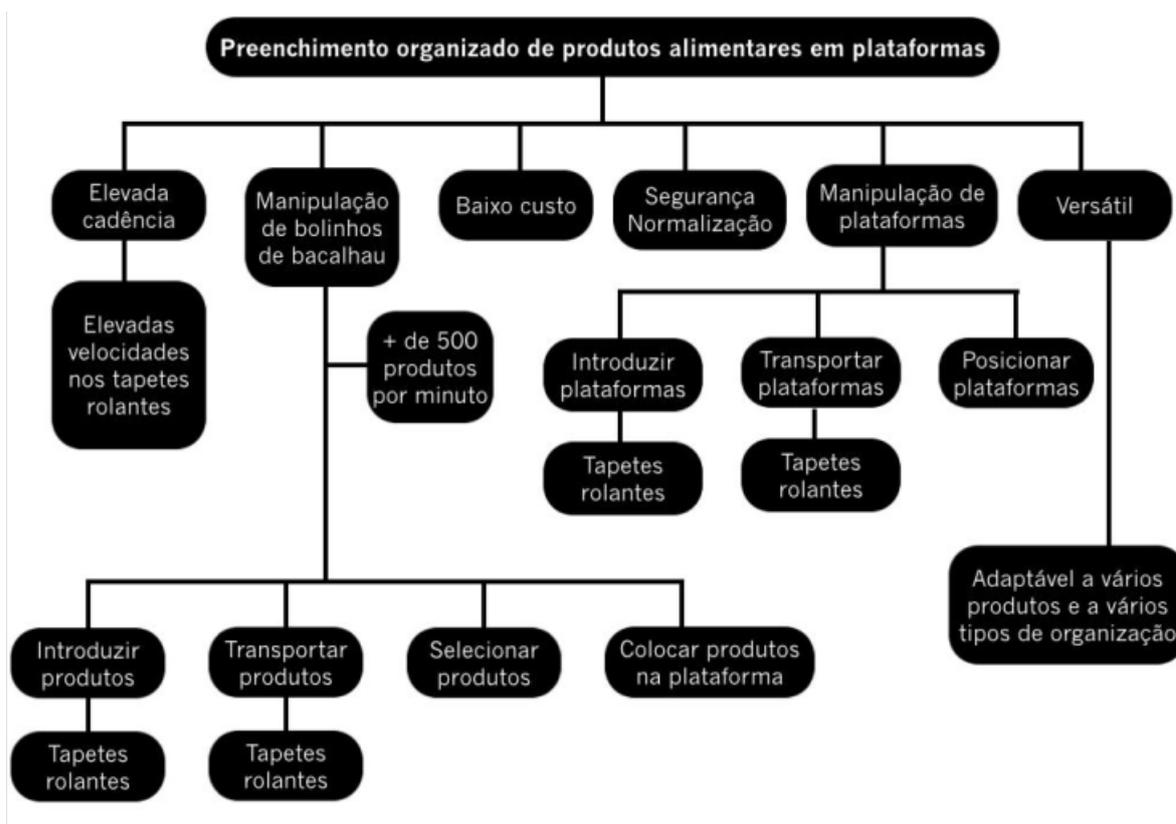
A alta cadência que opera a máquina de produção dos bolinhos de bacalhau é uma outra dificuldade. Normalmente opera a uma cadência de 500 unidades de bolinhos de bacalhau por minuto, cerca de 8 unidades por segundo.

O ambiente da implementação é corrosivo, pois trata-se de uma linha de produção de produtos alimentares do mar, que sofrem processos de dessalinização que provocam atmosferas corrosivas. Por outro lado, a temperatura do volume de trabalho é controlada, devido a questões de preservação alimentar, e situa-se nos 8°C.

### 3.3 Objetivos

Os objetivos relativos ao desenvolvimento da solução conceptual estipulada podem ser apresentados segundo o método da árvore de objetivos, conforme ilustrado na figura 15.

Figura 15: Árvore de objetivos relativos ao desenvolvimento da solução conceptual



### 3. Solução inovadora

No desenvolvimento deste trabalho foram geradas diversas novas soluções para a realização das funções pegar e colocar.

Porque se trata de um sistema para pegar e colocar produtos pegajosos existe um tempo necessário para que cada operação possa ocorrer. Neste sentido, tem-se de dar especial

atenção à ação de pegar que compreende o tempo entre o posicionamento da ferramenta e o difícil movimento propriamente dito de pegar.

A hipotética solução inovadora tem por objetivo implementações onde o tempo da realização da função de pegar é longo. Caso disto, é o exemplo da função de pegar os bolinhos de bacalhau, que devido à sua fraca consistência, tem de ser feita, de modo a não danificar a sua forma geométrica.

A solução conceptual inovadora evidencia-se na figura 16.

**Figura 16: Solução conceptual inovadora quando no início da função pegar**



Uma vez que os produtos são dinâmicos as suas posições nos vários instantes de tempo são diferentes e seguem uma ordem em função da velocidade linear do tapete rolante, como se demonstra nas figuras 16 e 17.

**Figura 17: Solução conceptual inovadora quando no fim da função pegar**

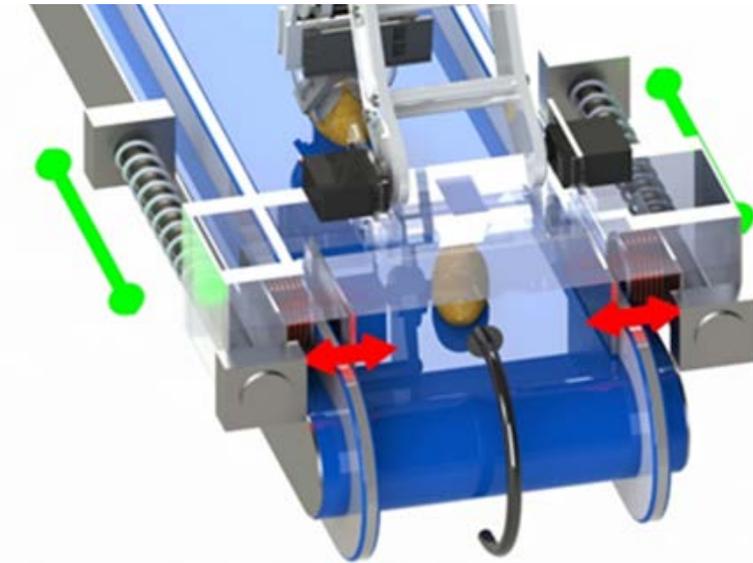


A intenção desta solução é a utilização da motorização do tapete rolante para a animação linear do robô e por consequência da ferramenta segundo o eixo longitudinal. Assim, percebe-se que é possível tornar nula a velocidade linear relativa entre a ferramenta de pega e o produto/bolinho.

Na prática isto é conseguido com a utilização de uma correia do tipo cremalheira por atrito, que roda solidariamente com o tapete do tapete rolante e passa por um travão acionado por um solenoide. O bloqueamento do travão à correia induzirá a plataforma de apoio do robô a

movimentar-se segundo o eixo longitudinal da guia linear, como se pode perceber pela visualização da figura 18.

**Figura 18: Funcionamento da solução conceptual inovadora**



Esta prática permite assim, que a ferramenta se desloque de forma solidária com o produto quando acontece a ação de pegar, permitindo, como já referido anteriormente, que a velocidade linear relativa entre a ferramenta e o produto seja nula.

A mola utilizada na guia linear permite o retorno da plataforma do apoio do robô quando ocorre a desativação do travão ativado por solenoide, no sentido de se poder repetir o ciclo da função pegar.

#### **4. Conclusões e trabalhos futuros**

Pode-se concluir com este projeto que existem inúmeras possibilidades de implementações manuais, semiautomáticas e automáticas relativas a produtos alimentares dispostos em cuvetes. No caso em questão deste trabalho, os produtos a manipular apresentam, dificuldades acrescidas porque comumente são constituídos por hidratos de carbono os quais proporcionam ligações glicosídicas que induzem produtos pegajosos e consistentes.

Por outro lado, também se pode concluir com a realização deste trabalho, que as possibilidades das sincronizações e interconexões dos sistemas comuns de *pick and place* existentes no mercado, combinados com outros sistemas inerentes e adequados ao processo em análise, permitem realizar na prática manipulações de produtos alimentares de forma muito mais eficaz, com elevado grau de higienização, como muito mais versatilidade e com custos de implementação economicamente viáveis para serem aplicadas de forma generalizada.

Como trabalhos futuros, terá de ser realizada a construção de um protótipo físico da solução conceptual projetada e desenvolvida, que forçosamente terá de incluir a parte referente à componente de automação, controlo e interface homem-máquina, para deste modo, poder ser devidamente avaliado o protótipo, com a realização de testes sistemáticos, com a finalidade de serem detetadas e futuramente implementadas as corretas alterações que possam conduzir à otimização do funcionamento do protótipo, em termos de robustez, fiabilidade, segurança e repetibilidade do processo de manipulação do produto.

## 5. Referências

- Bkcase (2014). Retirado do sítio da Web em novembro de 2014  
[http://www.bkcase.org/wiki/Concept\\_Definition](http://www.bkcase.org/wiki/Concept_Definition).
- Cross, N. (2008). Engineering Design Methods: Strategies for Product Design, John Wiley & Sons Ltd., 4th edition.
- Franklin, J. G (2009). Inovação, tecnologia e competitividade na indústria alimentar em Portugal, Dissertação de Mestrado em Economia e Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação - Inovação, Tecnologia e competitividade, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.
- Gastronomias (2015). Retirado do sítio da Web em fevereiro de 2015  
<http://www.gastronomias.com/portugal/min008.html>.
- Lutosa (2015). Retirado do sítio da Web em março de 2015  
<http://www.lutosa.com/pt/products/food-service/frozen-specialities/mashed-potatoes/>.
- Maria, A. (2015). Retirado do sítio da Web em junho de 2015,  
<http://www.receitasanamaria.net/bolinho-de-bacalhau.html>.
- Plcautomations (2015). Retirado do sítio da Web em fevereiro de 2015,  
<http://www.plcautomations.co.in/robotics.html>.
- Skfoodgroup (2015). Retirado do sítio da Web em março de 2015  
<http://www.skfoodgroup.com/pr-materials>.
- Soguima (2014). Retirado do sítio da Web em dezembro de 2014  
<http://www.soguima.com/pt/produtos>.
- Ulrich, K. T., Eppinger, S. D. (2012). Product Design and Development, 5th Edition, McGraw-Hill International Edition.
- Wikipedia (2014). Retirado do sítio da Web em dezembro de 2014  
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Bolinho\\_de\\_bacalhau](https://pt.wikipedia.org/wiki/Bolinho_de_bacalhau).
- Wikipedia (2015a). Retirado do sítio da Web em fevereiro de 2015  
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Estado\\_da\\_arte](https://pt.wikipedia.org/wiki/Estado_da_arte).
- Wikipedia (2015b). Retirado do sítio da Web em fevereiro de 2015  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Conveyor\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Conveyor_system).