



Avaliação dos custos da não qualidade na indústria cerâmica

DIOGO FERNANDO SOUSA PAQUINCHA

Novembro de 2018

Avaliação dos custos da não qualidade na indústria cerâmica

Diogo Fernando Sousa Paquincha

Novembro de 2018

Orientação: Engenheira Liliana Sousa

Co-Orientação: Engenheira Anabela Guedes e Engenheira Paula Neto

Agradecimentos

Finalizado mais este desafio, abrem-se milhares de obstáculos diários para serem ultrapassados. Chega assim ao fim, com ajuda de todas as pessoas que me rodeiam, a conclusão da dissertação de mestrado.

Em primeiro lugar e com um lugar sempre especial, quero agradecer aos meus pais por tudo o que fizeram por mim durante a longa jornada de estudos e todo o apoio incondicional em momentos mais difíceis e nos momentos de maior felicidade. Não existem palavras suficientes para expressar o quanto agradecimento e orgulho tenho pelos meus PAIS.

Agradeço à Engenheira Liliana, Engenheira Paula Neto e Engenheira Anabela Guedes pelo apoio ao longo desta jornada durante a realização da tese e ajudarem a ultrapassar todos os obstáculos.

Não menos importante, quero expressar um agradecimento carinhoso a todos os funcionários da ARCH Valadares pelos ensinamentos mais empíricos da área cerâmica e as histórias de vida que cada pessoa me transmitiu.

Por fim expressar uma gratidão a todos os meus amigos que sempre ajudaram a descontrair e divertir para esta etapa ter sido ultrapassada com mais facilidade.

Para terminar um especial agradecimento à minha amiga Marisa por todas as conversas incessantes e discussões sem fim para me tornar uma pessoa melhor e mais crítico do meu trabalho. Terás sempre um lugar importante na minha vida.

A todos os mencionados e os que me possa ter esquecido um eterno obrigado e que o melhor ainda estará para vir...

Resumo

A concorrência e a competitividade no setor cerâmico, impõe que a qualidade de peças sanitárias produzidas seja um fator determinante no sucesso da empresa.

O trabalho realizado, na empresa ARCH S.A., teve como objetivo um levantamento exaustivo dos principais defeitos apresentados pelas peças sanitárias inerentes ao processo de produção, e consequentemente a avaliação dos custos da não qualidade das peças em catálogo.

Essa avaliação decorreu entre Outubro de 2017 até Março de 2018. Foram avaliadas várias peças destacando-se neste trabalho duas delas: bacia One Suspensa e a base de chuveiro Luca 80x140 cm, correspondendo a primeira a uma das peças com maior número de vendas e a segunda à peça cujo encomendas foram mais baixas. Os principais defeitos encontrados foram: poro, racha, impureza e grão de refratário. Com a ajuda de diagramas de Ishikawa apontaram-se as possíveis causas do aparecimento dos referidos defeitos. A principal conclusão é que uma grande parte deles se deve à etapa de secagem. A necessidade de uma secagem eficaz e controlada é crucial para o sucesso da produção de peças conformes.

Numa segunda fase, foram analisados os custos da não qualidade tendo em conta as peças que foram enviadas para armazém, as que sofreram retoques ou foram enviadas para quebras. Os principais resultados para a bacia One Suspensa situaram-se em custos totais de não qualidade em 23 433 € e para a base de chuveiro Luca 80x140cm em 2 351€, representando este custo em percentagem de 17.8% e 16.8% relativamente ao valor das vendas das referidas peças.

Por fim foram também determinados os custos totais da não qualidade para todas as peças, sendo a média obtida de 52 713€ nos meses em que decorreu o trabalho.

Palavras-chave: Cerâmica, Qualidade, Secagem, Defeitos, Custo da não qualidade.

Abstract

Competitiveness and the ceramic sectorial competitiveness require that the quality of the sanitary ware is a key factor in the success of the company.

The work carried out at the ARCH S.A. company had the objective of collection the data from the principal defects in the sanitary industries inherent to the production process, and consequently an evaluation of the costs of the non-quality of the pieces in catalog.

This evaluation ran from October 2017 to March 2018. Several pieces were evaluated, highlighting in this work two of them: “One Suspensa” basin and shower base “Luca” 80x140 cm, the first corresponding to a piece with one of the highest number of sales and the second whose part orders were lower. The main defects were: pore, crack, impurity and refractory grain. With help from Ishikawa diagrams they pointed out the possible causes of the appearance of defects. The main conclusion is that a large part should be made in a drying step. The chance for effective and controlled drying is crucial to the success of building your stocks.

In the second phase, were analyzed the costs of the poor quality considering the pieces that have been sent to the warehouse, suffered a retouch or were sent to losses. The main results obtained for the “One Suspensa” basin was in total costs of non-quality at 23 433€ and for the shower base “Luca” at 2 351€, representing this cost as a percentage of 17,8% and 16,8% of the value of sales.

Finally, the total costs of non-quality for all parts were also determined, with the average obtained of 52 713 € in the months in which the work was carried out.

Keywords: Ceramic, Quality, Drying, Defects, Cost of non-quality.

Abreviaturas, siglas e simbologia

ARCH – Advanced Research Ceramic Heritage;

R.F – Retoque a frio;

R.Q – Retoque a quente;

PAF – Prevenção, Avaliação, Falhas.

Índice Geral

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento do trabalho	1
1.2	Apresentação da empresa.....	4
1.3	Objetivo do trabalho.....	6
2	Estudo da secagem aplicada aos materiais cerâmicos	9
3	Caracterização processo produtivo da ARCH S.A.	17
3.1	Processo produtivo	18
3.2	Etapas do processo produtivo	19
3.3	Sistema informático <i>Bang</i>	29
4	Determinação das causas raiz dos defeitos na ARCH S.A.	33
4.1	Avaliação de ferramentas da qualidade	33
4.2	Avaliação dos defeitos das peças na ARCH S.A.	34
5	Avaliação dos custos da qualidade e da não qualidade	41
5.1	Os custos da qualidade	41
5.2	O custo da não qualidade na ARCH S.A.	44
6	Conclusões e sugestões futuras	51
7	Referências Bibliográficas	53
	Anexo A – Tabelas referentes à Bacia One Suspensa.....	55
	Anexo B – Tabelas referentes à Base de chuveiro Luca	61
	Anexo C – Custos da não qualidade das peças analisadas	67

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Forma de analisar a qualidade através da deteção vs prevenção [1].	2
Figura 1.2 – Abordagem à qualidade por Juran [1].	3
Figura 1.3 – Evolução do controlo de qualidade vista por Juran [1].....	3
Figura 1.4 – Logotipo “Fabrica Cerâmica de Valadares” [3].	4
Figura 1.5 – Topografia da fábrica.	5
Figura 2.1 – Diferentes fases de secagem de um sólido[4].	10
Figura 2.2 – Humidade relativa em diferentes tipos de sólidos [4].....	11
Figura 2.3 – Caminhos possíveis percorrido pela água[4].	12
Figura 2.4 – Secadores com bandejas [7].	14
Figura 2.5 – Secador por congelação [8].....	14
Figura 2.6 – Secador por infravermelhos [9].	15
Figura 3.1 – Fluxograma do processo produtivo da ARCH Valadares.....	18
Figura 3.2 – Composição de um molde de gesso.	20
Figura 3.3 – Tanques de agitação da barbotina.	22
Figura 3.4 – Tanque de mistura do vidro.....	22
Figura 3.5 – Peças em “cru”.....	23
Figura 3.6 – Cabine de vidração.	24
Figura 3.7 – Vista da entrada das peças no forno.	25
Figura 3.8 – Curva de cozedura das peças sanitárias.....	25
Figura 3.9 – Zona de escolha e paletização.....	28
Figura 3.10 – Identificadores das peças.....	29
Figura 3.11 – Registo das informações das peças.....	30
Figura 3.12 – Destino de uma peça para armazém.....	30
Figura 3.13 – Destino de uma peça para quebra.	30
Figura 3.14 – Destino de uma peça com retoque.....	31
Figura 3.15 – Indicadores de produtividade.	31
Figura 4.1 – Diagrama de Ishikawa com os principais pontos de análise [13].	34
Figura 4.2 – Defeito presente: racha.	35
Figura 4.3 – Defeito presente: poro.....	35
Figura 4.4 – Defeito presente: abatimento.	36
Figura 4.5 – Incidência dos defeitos na Bacia One Suspensa.....	36
Figura 4.6 – Incidencia dos defeitos na Base Luca 80*140cm.	37
Figura 4.7 – Diagrama Ishikawa para o defeito 30 - racha.	37
Figura 4.8 – Diagrama Ishikawa para o defeito 31 - poro.	38

Figura 4.9 – Diagrama Ishikawa para o defeito 32 - impureza.....	39
Figura 4.10 – Diagrama Ishikawa para o defeito 60 – grão de refratário.	40
Figura 5.1 – Modelo Iceberg para a qualidade [14].	42
Figura 5.2 – Modelo PAF qualidade [17].	43
Figura 5.3 – Representação dos custos totais para a Bacia One Suspensa e Base Luca 80*140cm.	47
Figura 5.4 – Representação do custo específico para a Bacia One Suspensa e Base Luca 80*140cm.	47
Figura 5.5 – Representação do custo das quebras diretas para a Bacia One Suspensa e Base Luca 80*140cm.	48
Figura 5.6 – Comparação das vendas com o custo da não qualidade para a Bacia One Suspensa.	48
Figura 5.7 – Comparação das vendas com o custo da não qualidade para a Base Luca 80*140cm.	50
Figura 5.8 – Somatório dos custos totais de todas as peças analisadas.	50

Índice de Tabelas

Tabela 5.1 – Modelo de custos de qualidade ao longo do tempo – 5 anos.	42
Tabela 5.2 – Custo de reparação e peso das peças.	44
Tabela 5.3 – Custos totais, Custos por unidade e quebras diretas de cada mês analisado parar a bacia One Suspensa.	46
Tabela 5.4 – Custos totais, Custos por unidade e quebras diretas de cada mês analisado parar a Base Luca 80*140cm.	46
Tabela 5.5 – Unidades vendidas, valor das vendas e a percentagem correspondente do custo de não qualidade em relação às vendas.	49
Tabela 5.6 – Unidades venndidas, valor das vendas e a percentagem correspondente do custo de não qualidade em relação às vendas.	49
Tabela A. 1 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Outubro.	55
Tabela A. 2 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Outubro.	55
Tabela A.3 – Custo totais de não qualidade no mês de Outubro.	55
Tabela A.4 – Custos associados dos meses anteriores.	55
Tabela A. 5 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Novembro.	55
Tabela A. 6 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Novembro.	56
Tabela A.7 – Custo totais de não qualidade no mês de Novembro.	56
Tabela A.8 – Custos associados dos meses anteriores.	56
Tabela A. 9 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Dezembro.	56
Tabela A. 10 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Dezembro.	56
Tabela A.11 – Custo totais de não qualidade no mês de Dezembro.	56
Tabela A.12 – Custos associados dos meses anteriores.	57
Tabela A. 13 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Janeiro.	57
Tabela A. 14 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Janeiro.	57
Tabela A.15 – Custo totais de não qualidade no mês de Janeiro.	57

Tabela A.16 – Custos associados dos meses anteriores.	57
Tabela A. 17 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Fevereiro.	57
Tabela A. 18 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Fevereiro.	58
Tabela A.19 – Custo totais de não qualidade no mês de Fevereiro.....	58
Tabela A.20 – Custos associados dos meses anteriores.	58
Tabela A. 21 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Março.	58
Tabela A. 22 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Março.	58
Tabela A.23 – Custo totais de não qualidade no mês de Março.....	58
Tabela A.24 – Custos associados dos meses anteriores.	59
Tabela A.25 – Incidência dos defeitos e as percentagens relativas.....	59
Tabela B. 1 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Outubro.	61
Tabela B. 2 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Outubro.	61
Tabela B.3 – Custo totais de não qualidade no mês de Outubro.....	61
Tabela B.4 – Custos associados dos meses anteriores.	61
Tabela B. 5 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Novembro.....	61
Tabela B. 6 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Novembro.....	62
Tabela B.7 – Custo totais de não qualidade no mês de Novembro.	62
Tabela B.8 – Custos associados dos meses anteriores.	62
Tabela B. 9 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Dezembro.....	62
Tabela B. 10 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Dezembro.....	62
Tabela B.11 – Custo totais de não qualidade no mês de Dezembro.	63
Tabela B.12 – Custos associados dos meses anteriores.	63
Tabela B. 13 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Janeiro.	63
Tabela B. 14 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Janeiro.	63

Tabela B.15 – Custo totais de não qualidade no mês de Janeiro.....	63
Tabela B.16 – Custos associados dos meses anteriores.	63
Tabela B. 17 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Fevereiro.....	64
Tabela B. 18 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Fevereiro.....	64
Tabela B.19 – Custo totais de não qualidade no mês de Fevereiro.....	64
Tabela B.20 – Custos associados dos meses anteriores.	64
Tabela B. 21 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Março.	64
Tabela B. 22 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Março.....	65
Tabela B.23 – Custo totais de não qualidade no mês de Março.....	65
Tabela B. 24 – Custos associados dos meses anteriores.	65
Tabela B.25 – Incidência dos defeitos e as percentagens relativas.....	65
 Tabela C.1 – Custos totais de não qualidade das peças analisadas.	67

1 Introdução

No presente capítulo é feita uma abordagem sobre a importância da qualidade na indústria, procurando fazer o enquadramento do tema.

No ponto seguinte, é apresentada, sucintamente a empresa onde foi desenvolvido o projeto proposto – ARCH S.A – Advanced Research Ceramic Heritage.

Por fim, é feita uma descrição da organização da dissertação e a sua estrutura.

1.1 Enquadramento do trabalho

A palavra qualidade não é fácil de explicar existindo diversas definições para o termo, e para provar isso entre os principais especialistas do século XX destacaram-se Crosby, Deming e Juran, que não têm a mesma visão para atingir um estado perfeito sem defeitos.

Para Crosby, a qualidade é sinónimo de ajudar uma empresa a chegar a pontos tangíveis, em vez, de se acreditar em opiniões. O controlo tem de ser efetuado de modo a contabilizar os custos dos produtos/serviços produzidos com defeitos. Foi o pioneiro no desenvolvimento do custo de qualidade que era igual à soma do preço de peças conformes com o preço das peças não conformes. Na implementação de um processo de melhoria criou 14 passos para o sucesso [1]:

1. Empenho da gerência;
2. Criação de uma equipa de qualidade;
3. Medição da qualidade;
4. Cálculo do custo da qualidade;
5. O cuidado com a qualidade;
6. Ações corretivas;
7. Planeamento de zero defeitos;
8. Educação da qualidade;
9. “O dia de zeros defeitos”;
10. Definição de um objetivo;
11. Eliminação da causa-erro;
12. Reconhecimento;
13. Reuniões de qualidade

14. “Voltar a repetir os passos anteriores”.

Para Deming a qualidade de qualquer produto/serviço só pode ser definida pelo cliente, indo ao seu encontro, ou superando as suas expectativas. A gerência tem de entender a importância do conhecimento do consumidor, o pensamento estratégico e a importância da aplicação de métodos estatísticos ao longo do processo. Depois em conjunto, o resultado garante uniformidade aos produtos, diminui a variabilidade, diminui os custos, e passa a ser pertinente para o mercado.

Outro fator onde Deming se destaca é na prevenção de defeitos que também tem uma importância relevante, onde a detecção de um defeito no fim do processo tem custos muito elevados. Esta abordagem pelo método de prevenção dos defeitos é alcançado com a análise do processo, o controlo de variáveis e assim se consegue o aumento dos resultados positivos. De salientar que a qualidade resulta do estudo e alterações ao processo, e não só da inspeção do produto final. A diferente abordagem está ilustrada na Figura 1.1.

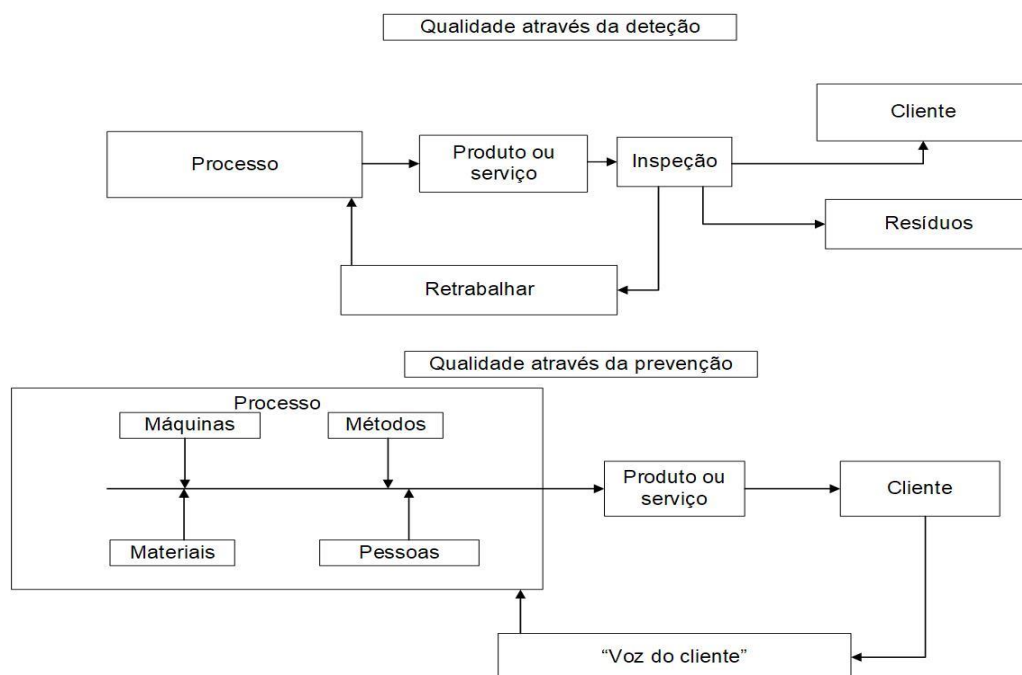


Figura 1.1 – Forma de analisar a qualidade através da detecção vs prevenção [1].

O especialista Juran propõem uma abordagem estruturada e estratégica para atingir a qualidade. Foi o criador da espiral do progresso da qualidade, representado na Figura 1.2.

O objetivo é dar responsabilidade de uma função específica a cada departamento e ainda a responsabilidade de cumprir funções como as relações humanas, de finanças e de qualidade. A qualidade geral resulta da inter-relação entre todos os departamentos dentro da espiral.

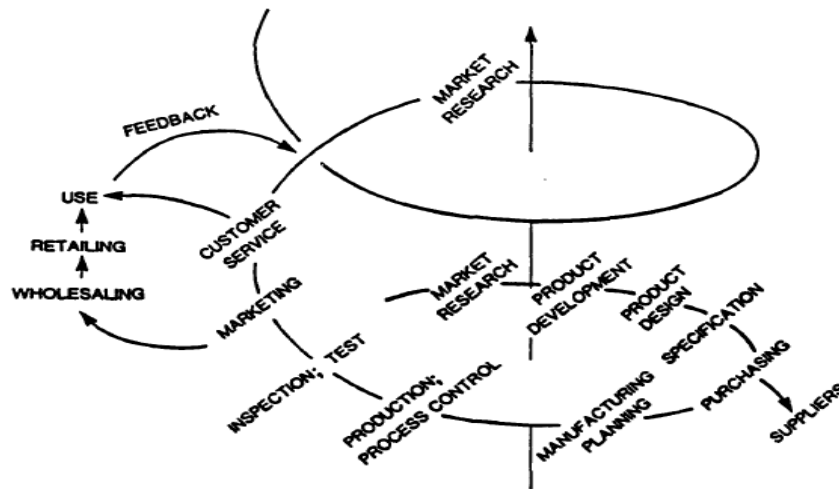


Figura 1.2 – Abordagem à qualidade por Juran [1].

A “trilogia de Juran” proporciona uma abordagem sistemática em três fases:

1. Planear a qualidade – Focar-se no desenvolvimento de um processo projetado para atingir os objetivos estabelecidos pela empresa;
2. Controlar a qualidade – Consiste em aumentar os ganhos e em baixar a quantidade de produtos defeituosos;
3. Melhorar a qualidade – Preocupação em diminuir os custos da não qualidade no processo, mas especialmente aprender com os erros e tentar inovar para atingir melhores níveis de performance.

O surgimento de picos esporádicos de custos da não qualidade despoleta a criação de equipas especializadas para entender a origem do problema. A Figura 1.3, ilustra a função de cada umas das áreas envolvida.

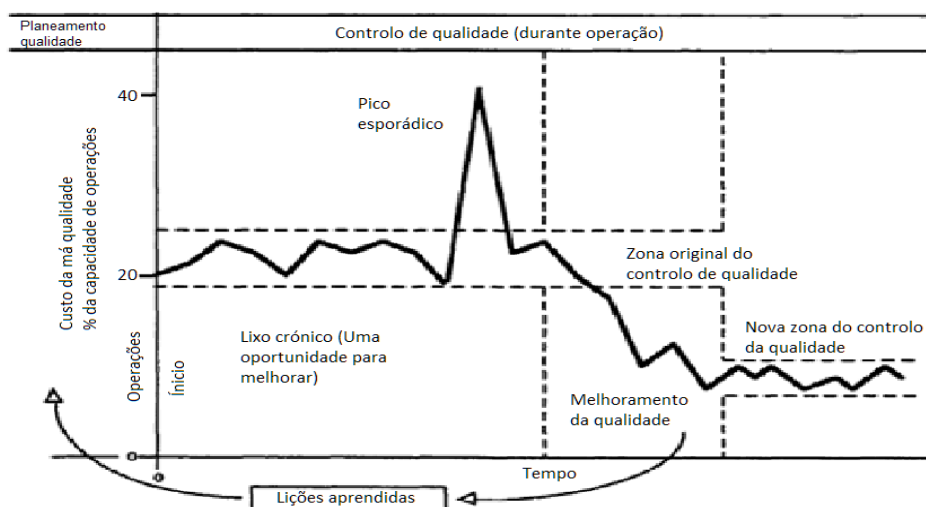


Figura 1.3 – Evolução do controlo de qualidade vista por Juran [1].

A análise destas três visões dá conhecer pontos em comum e outros em discordância, mas pode-se concluir que a qualidade pode ser vista como, ir de encontro às expectativas dos consumidores a um preço que estes possam pagar e que o produto/serviço esteja em perfeitas condições de utilização sempre que pretenderem. O simples cumprimento dos requisitos propostos internamente pode não ser suficiente para a satisfação do cliente.

O aparecimento do controlo de qualidade permitiu tornar visível o que anteriormente era invisível nas empresas. Por vezes, a implementação de um plano de melhoria é vista como um entrave para os lucros monetários. No caso do controlo de qualidade existente for insuficiente e com falhas, o produto defeituoso, sendo eliminado numa fase tardia ou num caso pior não sendo eliminado e posto à venda, irá trazer uma perda muito grande para a empresa.

É preferível suportar um custo de uma perda, deitando fora o produto que teria como destino um bom cliente, a correr o risco de perder um bom cliente por causa de um produto defeituoso [2].

1.2 Apresentação da empresa

A 25 de abril de 1921, foi fundada em Valadares, a sociedade “Fábrica de Cerâmica de Valadares, Lda” por seis pessoas do norte de Portugal. Nessa altura, a empresa surgiu com o logotipo apresentado na Figura 1.4.

No início da laboração, produzia exclusivamente artigos de barro vermelho tais como:

- Tijolos;
- telhas;
- azulejos variados;
- loiça sanitária.

A partir dos anos 30 e durante aproximadamente 20 anos, começou a produzir loiça faiança – loiça decorativa portuguesa – no qual ficou famosa pela qualidade das peças, um leque grande de escolha e ainda o seu desenho artístico característico.



Figura 1.4 – Logotipo “Fábrica Cerâmica de Valadares” [3].

Nos anos 80 e com a expansão da unidade fabril, a Valadares afirmou-se, mundialmente, como uma referência na qualidade e técnica de fabrico, com produtos vanguardistas. Analisando o mercado e a evolução que apresentava, decidiu focar-se na produção de apenas loiça sanitária e acessórios cerâmicos para quartos de banho. Nos anos 90 atingiu uma capacidade de exportação de relevo, estando presente em mais de 70 países.

Em 2005, e após anos de investigação interna, é apresentado e começa a ser comercializado um material cerâmico com uma maior resistência mecânica e com menor peso, denominado *Gresanit*®, possibilitando assim a criação de peças mais complexas. Em 2008 este material foi galardoado com uma menção pela inovação em loiça sanitária, na feira internacional de construção e obras publicas (Tektónica).

A produção continuou estável, mas com a crise que afetou a indústria nacional em 2012, a empresa sofreu altos e baixos, acabando por encerrar no mesmo ano. Chegando o ano de 2015, um conjunto de antigos trabalhadores e empresários, fez renascer a marca Valadares, agora sob o nome de Advanced Research Ceramic Heritage, SA – ARCH. O principal objetivo foi recuperar parte da atividade industrial e comercial, apostando fortemente na inovação e design sem esquecer o legado de 90 anos, e mantendo uma produção 100% nacional.

No primeiro ano de exploração foi desenvolvido um novo material, com capacidades elevadas de impermeabilização, ultra resistência, hidrófugo e antiderrapante batizado como Highcer. Até aos dias de hoje, a empresa pauta-se pela excelência nos produtos fornecidos, assim como, a continua investigação sempre com o objetivo de melhorar as características dos materiais cerâmicos.

A ARCH atualmente ocupa uma parte do espaço onde surgiu a antiga fábrica. Estão em funcionamento a fábrica 1 destacada a laranja e a fábrica 2 contornada a verde e a vermelho. A Figura 1.5 representa a planta topográfica da empresa com destaque para as fábricas em funcionamento.



Figura 1.5 – Topografia da fábrica.

Na fábrica 1 produzem-se os artigos sanitários constituídos por *Vitreous China*, também chamados de porcelana sanitária (bacias, bidés, lavatórios, etc). É nesta zona que se produz e afina o vidro que é enviado para as cabines de vidragem, localizadas na fábrica 2, e se realizam os retoques a quente das peças com defeitos. O forno descontínuo que serve para se efetuar a recozedura da louça sanitária está situada também na fábrica 1.

Na zona verde da fábrica 2, é dividida em duas olarias. Numa zona são produzidos em bateria essencialmente lavatórios e bases de chuveiro. Na outra zona adjacente estão alocadas peças especiais encomendadas por clientes e também lavatórios com características que necessitam de um manuseamento mais cuidado. A pasta utilizada na fábrica 2 é o *Gresanit*®.

Por fim, na zona vermelha da fábrica 2 dá-se a parte final do processamento da peça, desde a vidragem, secagem, cozedura, escolha e o retoque a frio. Colado à zona de retoque a frio está a zona onde são preparados e produzidos os moldes que servem de base à produção das peças.

A empresa inicia as funções laborais às sete da manhã com os funcionários da olaria que encerram funções às 16h. Os operários restantes entram às oito da manhã e findam o seu trabalho às 17h. Os serviços técnicos trabalham entre as 9h e as 18h. A paragem para férias efetua-se normalmente na segunda quinzena do mês de agosto – férias de agosto – e na segunda quinzena do mês de dezembro para as férias de inverno.

1.3 Objetivo do trabalho

A importância de um produto com qualidade é essencial para o sucesso de uma empresa. No setor da indústria cerâmica não é exceção. A avaliação dos custos da não qualidade permite conhecer com pormenor o dinheiro que está a ser desperdiçado, e que podia ser investido em áreas diversas para melhorar o processo produtivo e minimizar os defeitos. A área mais crítica, e onde se manifestam uma parte significativa dos defeitos é na secagem.

A secagem sendo uma das etapas mais importantes no processo produtivo de peças cerâmicas, por isso a importância de ser eficiente e bem controlada quer a nível de transferência de calor e de transferência de massa.

O processo produtivo apesar de encontrar-se em fase de aperfeiçoamento, objetivo inicial consistiu em compreender todo o processo produtivo e analisar quais os defeitos mais comuns presentes nas peças e ordená-los de forma decrescente pelo número de ocorrências. Percebendo os principais defeitos tentou-se encontrar as razões para o aparecimento dos defeitos mais críticos.

A segunda fase em estudo incidiu sobre a quantificação dos custos da não qualidade em peças que estão presentes em catálogo. A análise detalhada de cada peça, permitiu perceber qual a influência das mesmas para os custos totais da não qualidade, e assim decidir em quais se deviam atuar primeiro lugar para conseguir uma redução de custos.

Todo o trabalho realizado, teve um maior foco na fase da escolha de peças, local em que se identifica os defeitos presentes nas peças. A análise dos custos da não qualidade ocorreu entre o período de Outubro de 2017 e Maio de 2018.

2 Estudo da secagem aplicada aos materiais cerâmicos

Na indústria cerâmica, a secagem é uma das fases mais críticas de todo o processo produtivo, pois é nesta fase que se dão as alterações a nível dimensional das peças, com a perda de massa pela evaporação da água.

A secagem é possivelmente a operação unitária mais antiga da engenharia química. Compete diretamente com a destilação no sentido de ser a que envolve grandes gastos de energia devido à necessidade de aquecer um fluido, neste caso ar.

Na Europa, este consumo energético para a França e Inglaterra representa entre 10-15% e 20-25% para países como a Dinamarca e a Alemanha. Em termos de custos monetários para as empresas pode ir desde os 5% até aos 30%, como no caso das indústrias de papel. A informação permite constatar a importância de existir um sistema de secagem eficiente, pois os maiores custos estão associados à operação e não ao investimento em equipamentos sofisticados. No momento da instalação de uma unidade de secagem é preciso ter em atenção alguns aspetos que influenciam a secagem, que são [4]:

- O tamanho das partículas que pode variar desde os microns até aos centímetros;
- Porosidade variada conforme o material;
- Taxa de secagem;
- Quantidade de calor fornecido;
- Percentagem de humidade inicial.

Para um melhor controlo das variáveis uma empresa, deve ter em conta as temperaturas médias tanto no verão, como no inverno para adequar o pré-tratamento do ar de secagem e ainda ter atenção aos custos de operação para uma secagem otimizada.

Como está referido nos pontos que influenciam a secagem, é importante ter em atenção a humidade tanto crítica como de equilíbrio. O sólido húmido quando é colocado em contacto com o ar a determinadas condições de temperatura, humidade e pressão constantes ao longo do ensaio, a água contida à superfície do sólido começa a evaporar. Nesta fase do processo o sólido não interfere no processo de secagem, ou seja, a evaporação à superfície é semelhante ao que se passa com um líquido puro, e neste caso a velocidade de secagem mantém-se constante.

Com o continuar do processo, a água presente no interior do sólido torna-se insuficiente para substituir a água à superfície, e o calor necessário vai ser usado no

aquecimento do sólido e na evaporação da água a partir do interior do mesmo. No ponto onde se verifica esta mudança, atinge-se a chamada humidade crítica, a partir da qual a velocidade de secagem passa baixar com o tempo.

Ao fim de algum tempo de secagem atinge-se um equilíbrio entre o ar e o sólido designado por humidade de equilíbrio. A partir desta fase a humidade no sólido mantém-se constante, salvo alteração das condições operatórias. Nesta situação a pressão parcial do vapor na atmosfera iguala a pressão parcial do vapor à superfície da peça e nesse momento a secagem dá-se por terminada.

Para perceber melhor o processo de secagem existem as curvas de secagem que descrevem as diferentes fases deste processo, como a representada na Figura 2.1.

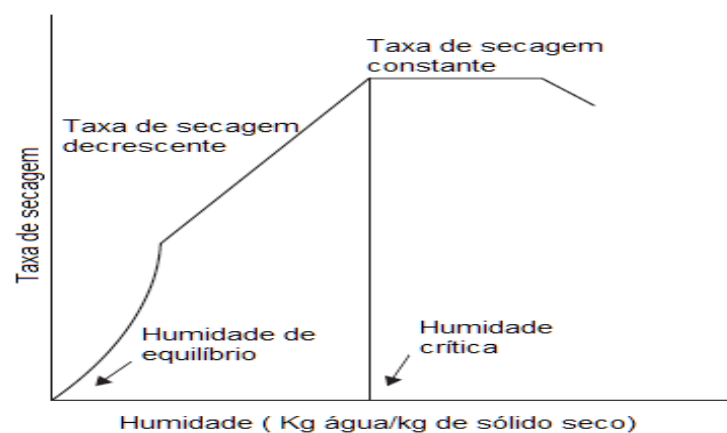


Figura 2.1 – Diferentes fases de secagem de um sólido[4].

A secagem ocorre normalmente em três diferentes estágios: um período inicial muito curto seguido por uma secagem a taxa constante e por fim uma fase decrescente.

- **Fase de taxa de secagem constante:**

Após o aquecimento inicial da peça da temperatura ambiente à temperatura de evaporação, a taxa de secagem permanece constante. Tal como indica, a taxa a que a água se movimenta do interior para o exterior da peça é igual à taxa que a água se evapora para a atmosfera. Enquanto a superfície do material se encontra molhada o processo de secagem é controlado essencialmente pela transferência de massa, e tal acontece, pois, existe um filme fino de água presente na superfície do sólido, portanto não existe resistência interna e externa à transferência de massa. A partir do momento em que a quantidade de água à superfície vai diminuindo, termina o período de taxa constante e atinge-se o valor de humidade crítica. A humidade critica para a cerâmica é de aproximadamente 12%.

- **Fase de taxa de secagem decrescente:**

Nesta segunda fase, abaixo da humidade crítica, a quantidade de água continua a diminuir, mas a uma taxa menor, visto que a transferência de massa é regulada internamente e pela difusão da água. É caracterizada pela existência de manchas, devido à presença de zonas secas a par de zonas húmidas à superfície.

A segunda fase, começa quando o filme de água à superfície já evaporou e o calor é usado também para o aquecimento das peças, até que se atinja a temperatura do gás de secagem. Quando a pressão do vapor de água existente no sólido iguala a pressão parcial do vapor de água no fluído de secagem, atinge-se então a humidade de equilíbrio, e já não é possível evaporar mais líquido nas condições a que o sólido se encontra [5]. A humidade de equilíbrio da cerâmica é de 0,7 a 0,8%.

Sob o ponto de vista dos materiais, estes podem ser divididos em dois grupos: os sólidos porosos ou coloidais. Os materiais porosos dividem-se entre higroscópicos e não-higroscópicos. A Figura 2.2 apresenta a humidade relativa de diferentes sólidos.

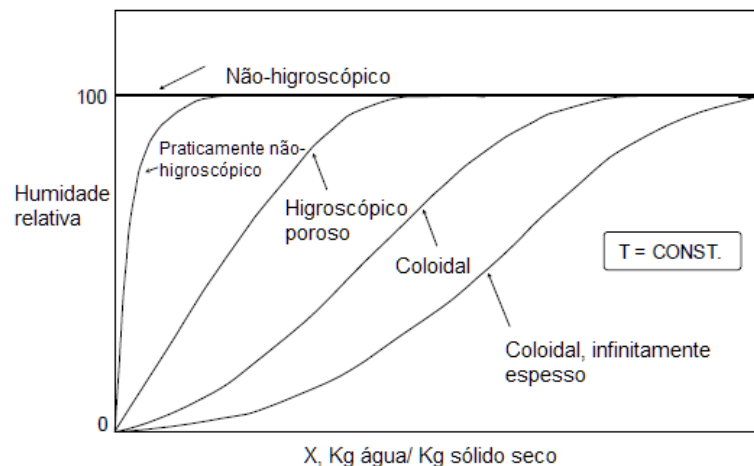


Figura 2.2 – Humidade relativa em diferentes tipos de sólidos [4].

- **Materiais Porosos:**

No início da secagem, a fase externa dos materiais sólidos porosos mantém-se com um teor de água elevado durante um longo período, ou seja, o valor da humidade de equilíbrio e crítica destes materiais é muito baixa, ou nula.

1. *Não higroscópicos ou capilares*

Estes materiais caracterizam-se por apresentar poros facilmente identificáveis, preenchidos com água, ou com ar. Estes sólidos não apresentam contração durante o

processo de secagem. Neste grupo de materiais sólidos são característicos leitos de areia ou minerais moídos.

2. Higroscópicos

Neste tipo de sólidos existem espaços porosos, mas de pequenas dimensões. Estes sólidos apresentam contração durante o processo de secagem, ocorrendo geralmente este fenómeno físico durante a fase inicial do processo. Os materiais pertencentes a esta categoria são a madeira, a argila, a cortiça entre outros.

- **Materiais Coloidais:**

Nestes materiais toda a água apresenta-se ligada intrinsecamente ao sólido, dificultando o movimento da água para a superfície do material. Este movimento é lento e dá-se através do mecanismo de difusão, em que a água migra de zonas mais húmidas para zonas menos húmidas. Devido à inexistência de poros visíveis, a evaporação só se faz na superfície do sólido. A dificuldade de a água atingir a superfície, não permite que esta se mantenha molhada por muito tempo, e como consequência disto, a humidade crítica destes sólidos tem um valor superior em comparação com os sólidos porosos. Destacam-se a cola, certos produtos alimentares e alguns polímeros (como o *nylon*) [6]. A Figura 2.3 demonstra através das setas vermelhas os caminhos possíveis que a água presente na parte interna das peças tem de realizar para atingir a superfície.

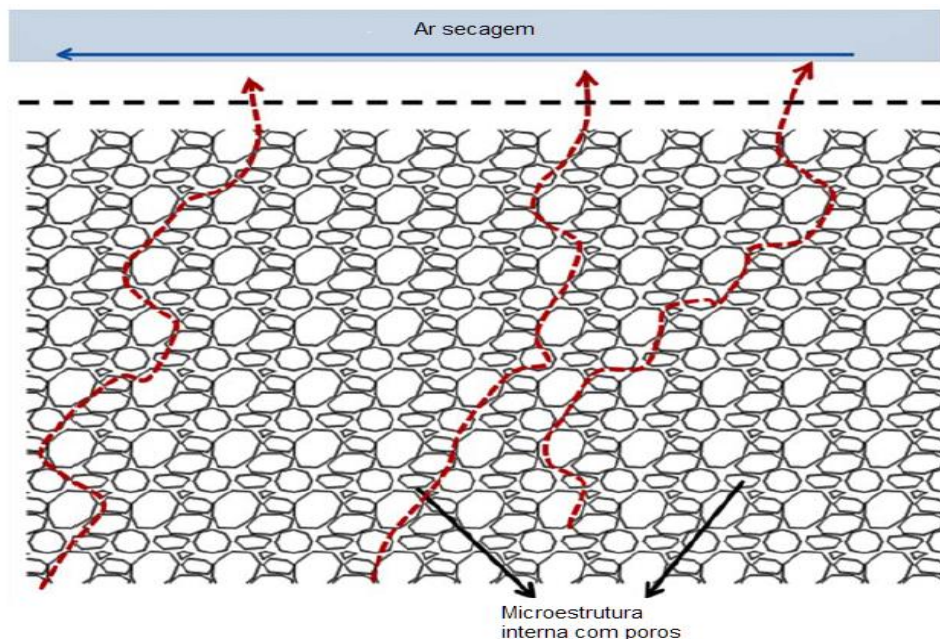


Figura 2.3 – Caminhos possíveis percorrido pela água[4].

- **A Cerâmica: um material poroso:**

A cerâmica, atendendo ao seu comportamento durante o processo de secagem, pode ser classificada como um material poroso. A superfície das peças, quando são submetidas ao processo de secagem durante um longo período, permanecem saturadas. No entanto, devido ao facto de elas apresentarem contração durante o processo, e também porque têm uma humidade de equilíbrio superior a zero, o seu comportamento aproxima-se mais dos sólidos porosos higroscópicos.

Na cerâmica esta etapa de secagem é delicada e complexa, uma vez que a ocorrência de defeitos nas peças deve-se, em maior parte dos casos, às condições operatórias a que se dão. O aparecimento de defeitos está relacionado com as propriedades do material, nomeadamente com a humidade inicial, que pode variar entre os 25% e os 50% e às condições de secagem quer seja a temperatura, velocidade e humidade. Quando estes fatores não são controlados pode-se dar o encolhimento excessivo das peças que provoca o desenvolvimento de fendas nas paredes e impossibilita de estas seguirem para as etapas posteriores.

- **Secadores:**

A escolha do tipo de secador está ligada às características do material a secar, às dimensões das peças e ainda à duração das várias etapas de secagem. Sendo a secagem uma operação que envolve a transferência de massa e transferência de calor é, muito importante que as condições do meio de secagem em termos de humidade e temperatura sejam definidas e controladas. A taxa de secagem vai ser influenciada pela diferença de concentração de água existente entre a peça e o ar, assim como pelo mecanismo de transferência de calor que permite a evaporação de água. A transferência de calor pode ocorrer de acordo com os seguintes mecanismos:

- Condução;
- Convecção;
- Radiação.

A escolha do secador mais adequado também tem em consideração o mecanismo de transferência de calor mais importante para o material a secar. Dos secadores existentes destacam-se:

- **Secadores por convecção:**

Os secadores por convecção são caracterizados pela transferência de massa desde a superfície do sólido até ao ar envolvente. Neste caso, este movimento ocorre devido à transferência de calor por convecção natural ou forçada. É o mecanismo de transferência de calor mais usado na secagem, e acontece quando o aquecimento, geralmente através de ar ou de produtos de combustão, está em contacto direto com o material molhado [5]. Exemplos de secadores por convecção:

- Secadores com bandejas, exemplificado na Figura 2.4;
- Secadores rotativos;
- Secadores pneumáticos.



Figura 2.4 – Secadores com bandejas [7].

- **Secadores por condução:**

O calor é fornecido de forma indireta, através do contacto do material molhado com uma superfície aquecida fixa ou móvel. Este tipo de secagem é mais indicado para produtos finos ou para materiais saturados [5].

Exemplos:

- Secadores cilíndricos;
- Secadores por vácuo;
- Secadores por congelação, ilustrado na Figura 2.5.



Figura 2.5 – Secador por congelação [8].

- **Secadores por radiação:**

A energia da radiação é transmitida num leque alargado de comprimento de onda que podem ir desde a radiação solar até à micro-ondas (0,2 m até 0,2 μm). A penetração da energia é quase inexistente no material exposto. Normalmente é aplicado para secar camadas finas de tinta e filmes.

A transferência de calor ocorre dentro de secadores de convecção, na qual a presença de vapor de água e de dióxido de carbono contribuem para o aumento da radiação [5].

Exemplos:

- Secadores por micro-ondas;
- Secadores por infravermelhos, mostrado na Figura 2.6.



Figura 2.6 – Secador por infravermelhos [9].

3 Caracterização processo produtivo da ARCH S.A.

A palavra cerâmica, deriva do grego “*Keramos*”, que significa “terra queimada”, e vem associada a materiais que adquiriram propriedades próprias devido ao tratamento a elevadas temperaturas [10].

A cerâmica está dividida em dois tipos:

- cerâmica tradicional, na qual se incluem os tijolos, telhas, e outros elementos de construção;
- cerâmica fina, que se divide em três subgrupos consoante o processo de confeção da louça: barros, grés ou porcelana.

Em geral, os materiais cerâmicos apresentam características das quais se destacam a elevada resistência química, à compressão, fragilidade acentuada e dureza alta.

As principais matérias-primas utilizadas no fabrico de louça sanitária são o resultado de diferentes proporções de vários compostos: o caulino, feldspato e o quartzo. À pasta final depois de ser adicionada água e argila e de ganhar alguma plasticidade, dá-se o nome de barbotina. Atualmente a ARCH, trabalha predominantemente com a porcelana sanitária e o *Gresanit*®. Ainda existe um terceiro material, *Highcer*, que se encontra com um nível de produção mais pequeno.

A porcelana cerâmica, ou também chamada *Vitreous China*, necessita de uma cozedura a rondar o 1200°C. Após a cozedura, fica com uma cor amarelada, quase branca, e com uma taxa de absorção inferior a 0,5%, o que lhe confere elevada resistência química e biológica. No entanto, devido à alta taxa de contração durante a secagem, de aproximadamente 10%, o material é pouco suscetível para ser usado em peças de tamanho considerável. A alternativa é o uso de grés fino, ou *Fine FireClay*, só que o revés deste material é sua baixa resistência mecânica e química, quando comparado com o cerâmico *Vitreous China* [11].

Para combater esta falha a empresa Valadares desenvolveu o *Gresanit*®, que veio suprimir os problemas apresentados pelo clássico grés fino. Começou a produzir com este material bases de chuveiro sem perder as propriedades características de um material cerâmico. A absorção do *Gresanit*®, ao contrário da porcelana cerâmica, apresenta uma absorção de água próxima do 4,5%.

Atualmente, já sob a alçada da ARCH, foi desenvolvido um material com características especiais, com propriedades antiderrapantes e de impermeabilidade total, alta resistência mecânica e ainda hidrorrepelência, denominado *Highcer* [3].

3.1 Processo produtivo

Inerente a qualquer um dos materiais cerâmicos escolhidos, todos seguem uma base processual comum. Destacam-se as seguintes etapas:

1. Preparação da barbotina;
2. Conformação das peças;
3. Vidragem;
4. Tratamento térmico;
5. Acabamento.

O processo de fabrico é complexo, pelo que um conhecimento total desde a preparação da barbotina até ao acabamento final é essencial.

O fluxograma representativo do processo produtivo, pode ser observado na Figura 3.1.

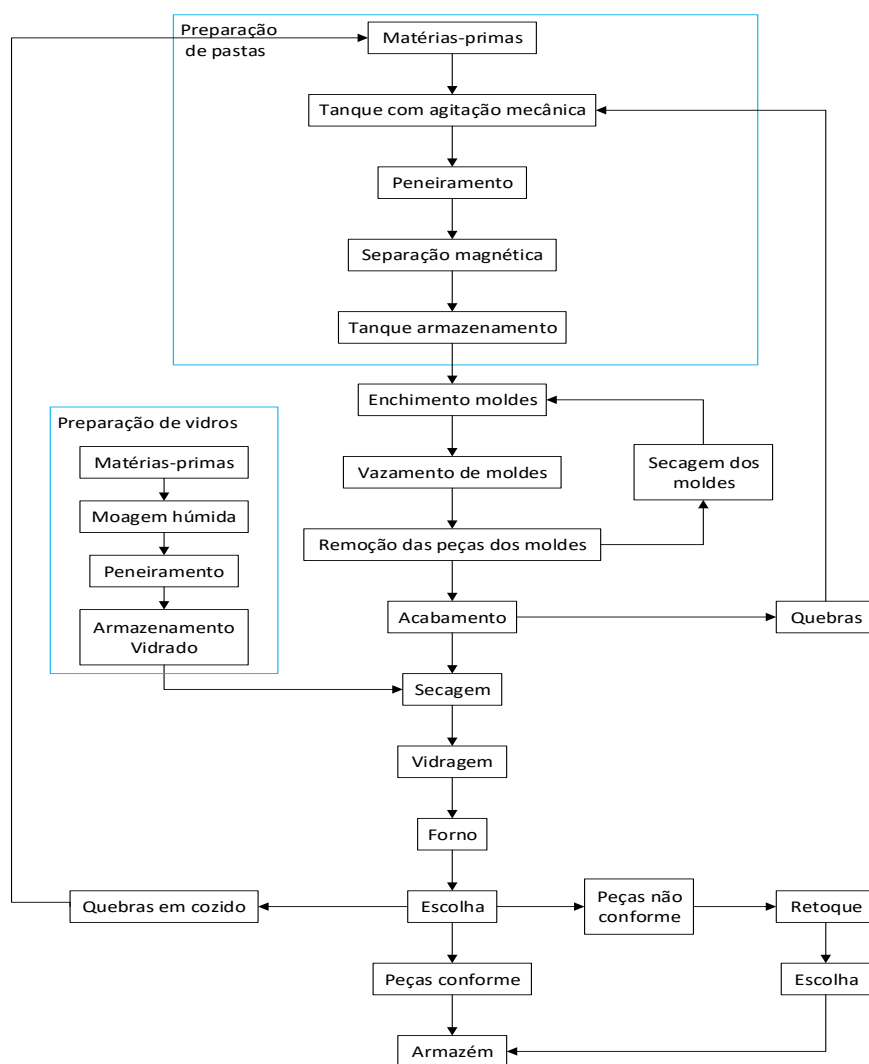


Figura 3.1 – Fluxograma do processo produtivo da ARCH Valadares.

Na ARCH S.A. todas as etapas envolvidas na produção de peças cerâmicas são realizadas pela própria empresa. Desde a concepção da peça, passando pela preparação da própria pasta e vidro para uso na produção, tudo é efetuado e controlado dentro de portas. Seguidamente são descritas com mais pormenor cada etapa, do processo e também o setor de modelação que antecede o processo produtivo.

3.2 Etapas do processo produtivo

- **Modelação:**

Inicialmente existe um estudo sobre a escolha da forma da peça mais atraente para o consumidor e é desenhado um esboço manual da mesma. De seguida, e após os ajustes, a peça é desenhada num programa informático que lhe dá a forma final a 3 dimensões. Na modelação, e já com o desenho técnico, é produzido inicialmente um primeiro molde de gesso que replica todos os pormenores ditados pelo desenho técnico. Depois de concluído este molde é enchido na olaria, é vidrado e por fim cozido, como se de uma peça de produção se tratasse para avaliar o seu comportamento durante as etapas. Após este processo é analisado o resultado e no caso de a peça apresentar defeitos (covas, lombas, etc) o modelador afina o molde de gesso, inserindo os “contrafeitos”, ou seja, adiciona ou desbasta gesso de modo a compensar os erros observados.

O processo é cíclico e só quando a peça estiver no estado requerido, produz-se uma madre (molde-mãe), à qual corresponde a um molde de resina/araldite que replica o molde inicial que não perde os pormenores da peça, ao contrário de um molde de gesso. Este molde de resina é guardado num armazém e sempre que for preciso é utilizado na produção de novos moldes de gesso.

- **Preparação dos moldes:**

Neste setor são produzidos o número de moldes desejados para serem enchidos na olaria. O modelador prepara o gesso conforme uma diretriz previamente definida e enche os moldes até deitar por fora, de forma a garantir que se encontra cheio sem bolhas de ar.

Normalmente cada molde é composto por uma base, um pistão (topo) e duas laterais, visto na Figura 3.2. Sem o pistão colocado, todo o interior é polvilhado com pó talco, e é retirado o excesso com ar comprimido, por forma a facilitar o desenforme da peça. No fim o pistão é colocado e o molde fica completamente fechado. Para ajudar à estrutura do molde são colocados apoios e grampos para auxiliar no manuseamento do molde na olaria.

O molde é deixado a secar durante um tempo pré-definido e de seguida são retirados todas as partes constituintes. Já pronto e aparado é montado para verificar se todas as partes se tocam umas nas outras sem furos que comprometam o enchimento com barbotina. Um dos pontos a ter em consideração, é o cuidado de lubrificar com óleo ou sabão nas paredes da madre, de modo a facilitar a retirada dos moldes em gesso. O óleo é usado quando o molde original é em resina, e se for em araldite usa-se sabão, para prevenir a danificação do molde e não impedir o desmolde da peça.



Figura 3.2 – Composição de um molde de gesso.

- **Preparação das pastas:**

Como matérias primas para a produção de louça sanitária são utilizadas: argilas, caulinos, fundentes (feldspatos), inertes (areia) e outros aditivos (talco entre outros).

- **Caulinos:**

O caulino define-se como uma rocha composta por minerais do grupo da caulinite (geralmente caulinite e haloisite), associados ou não a outros minerais, e que apresentam, pelo menos, uma das seguintes propriedades: resistência pirosclópica elevada e grau de brancura maior ou igual a 76%. Na prática, traduz-se num material que coze branco ou quase branco, e é altamente refratário, ou seja, resiste, sem fundir, a elevadas temperaturas [5].

- **Feldspatos:**

A utilização dos feldspatos na indústria cerâmica deve-se principalmente à sua ação fundente. Permite a formação de uma fase líquida a temperatura mais baixa. Ao arrefecer, a fase líquida, transforma-se em vidro que liga os grãos formadores do corpo cerâmico, de modo a conferir-lhe a desejada resistência mecânica.

Os feldspatos de superior qualidade possuem baixos teores em ferro e titânio, a fim de não conferirem coloração ao produto, e também reduzidos teores em cálcio e magnésio, em simultâneo com altas concentrações de alcalis, para possuírem elevada fusibilidade [5].

- **Quartzo:**

O quartzo é um óxido de silício cristalino, muito abundante na natureza. O quartzo é largamente utilizado como matéria-prima cerâmica, quer em pastas quer em vidrados. Como acontece com outras matérias-primas, a sua pureza condiciona o tipo de aplicação. O quartzo é designado de inerte, na medida em que é menos alterado pela ação do calor. Por isso, atrasa a consolidação estrutural, mas garante solidez estrutural antes da cozedura e facilita a libertação de água (com menor deformação) durante a secagem.

É estruturalmente constituído pela associação de tetraedros de silício que partilham entre si, na totalidade, os oxigénios de cada vértice e podem apresentar estruturas polimórficas (tridimite e cristobalite). Estas últimas são termodinamicamente estáveis em determinadas condições de pressão e temperatura, podendo transformar-se noutras de forma mais ou menos rápida. À pressão normal, o quartzo é estável abaixo de 870°C, a tridimite entre 870 e 1470°C e a cristobalite acima desta temperatura. A transição de uma fase estável a baixa temperatura para outra de alta temperatura acarreta aumento de volume (expansão), ou seja, estas transformações de fase são acompanhadas de variações dimensionais, e devem-se ao facto das várias estruturas polimórficas possuírem densidades diferentes. Estas variações dimensionais podem acarretar problemas de estabilidade mecânica nas peças e merecem especial cuidado no processamento de cerâmicos argilosos [5].

O transporte, receção e armazenamento das matérias primas é feito por camião a granel e depositado em depósitos externos com uma cobertura. No caso de produtos químicos também necessários, mas em menor quantidade, o transporte é feito em sacos apropriados.

As matérias-primas são preparadas e pesadas seguindo-se a mistura e homogeneização da pasta em suspensão (barbotina), sendo depois peneirada para retirar os materiais superiores ao desejado, desmagnetizada prevenindo a passagem de compostos magnéticos para o processo produtivo e por fim, é transferida para um tanque de repouso onde fica sujeita a agitação lenta, até se encontrar pronta para o enchimento dos moldes.

A barbotina dos tanques de agitação, ilustrados na Figura 3.3, está pronta para ser utilizada na conformação por enchimento após afinação das características reológicas (densidade, viscosidade e tixotropia). Esta fase do processo fica completa com a passagem da barbotina para os tanques de uso diário e acerto final.



Figura 3.3 – Tanques de agitação da barbotina.

- **Preparação dos vidros:**

O vidrado é um revestimento com um aspeto semelhante ao do vidro e que tem a função de proteger os objetos de cerâmica, podendo ser opaco, transparente ou colorido. A sua superfície tanto pode ser mate como brilhante. O vidro é rico em sílica, óxido de zinco, quartzo e outros componentes, que o estabilizam e após um aquecimento entre 900° e 1400°C coze formando a camada protetora.

Todos os vidrados utilizados na produção da ARCH são processados internamente em tanques, como o representado na Figura 3.4. A sua preparação envolve operações de doseamento, moagem a húmido (moinhos de bolas), peneiração e desferrização.



Figura 3.4 – Tanque de mistura do vidro.

- **Conformação (Enchimento e vazamento dos moldes):**

Os moldes depois de secarem na estufa são transportados para a olaria para se poderem encher. Aí inicia-se a montagem sobre carris deslizantes para promover um melhor e mais fácil desmolde sem tocar na peça. Esta colocação de moldes em linha, é designado por bateria.

A pasta encontra-se num tanque agitado que impede a solidificação e sedimentação da barbotina, a um nível superior à bateria. É efetuada uma purga para garantir que o ar ainda existente na tubagem seja expulso e não provoque o aparecimento de bolhas na pasta. Dá-se o início ao enchimento dos moldes de forma muito lenta, para permitir que o ar dos moldes vá saindo pelas aberturas superiores no pistão. No fim do enchimento, o gesso absorve a água presente na pasta, e inicia-se o aumento da espessura da peça até ao valor desejado. Depois é injetado ar comprimido dentro do molde e a pasta que ainda está líquida é expelida pela base, retornando ao tanque de armazenamento. É nesta fase que a peça adquire a forma em “cru”, representado na Figura 3.5.



Figura 3.5 – Peças em “cru”.

- **Acabamento:**

Nesta etapa a peça fica a secar durante um certo período, sempre tendo em conta o tamanho e complexidade da peça e das condições ambientais. A parte superior e as laterais do molde são retiradas com extremo cuidado para não desfigurar a peça e não provocar quebras. Com a ajuda das alpiotas, que são apoios para facilitar a pega e movimentação das peças, são transportados para a zona de acabamento. No caso das bacias é ainda colocado uma bucha na base para fechar a entrada onde se efetuou o enchimento. Todos os furos ou

aberturas necessárias à peça também são realizados nesta fase para que a peça já com alguma resistência, não se desfaça ou desforme.

Entre o desenforme e este acabamento é necessário entre um a três dias, dependendo da peça, e da sua humidade, pois é preciso atingir que a humidade remanescente atinga valores de aproximadamente 13%. Para isso as peças permanecem em ambiente controlado de temperatura e humidade até estarem em condições de ir para o secador.

- **Secagem:**

As peças são enviadas para a zona de secagem em carros de transporte onde ficam aproximadamente 13 horas a 70°C numa estufa localizada na fábrica 2. Após a conclusão da secagem as peças são colocadas no local apropriado para posteriormente serem vidradas.

- **Vidragem:**

As peças antes da vidragem, já dentro da cabine de vidração – Figura 3.6 – são limpas com ar comprimido para eliminar poeiras que possam ter ficado agarradas à peça. No início da vidragem ajusta-se a dispersão do líquido com a pistola, e a seguir aplicam-se várias camadas de vidro por toda a peça até se atingir a espessura pretendida.



Figura 3.6 – Cabine de vidração.

A formação da camada do vidrado não deve ser excessivamente rápida para que não fiquem partículas de ar entre a peça e o vidrado que possam provocar imperfeições após o vidrado estar cozido. Não deve ser excessivamente lenta para não ocorrerem acumulações e consequentes escorrimientos em acumulação de vidro nas partes horizontais e falta de vidro

nas zonas verticais. A película de vidroado deve ser consistente e aderir à superfície recoberta para que a peça possa ser manuseada, sem provocar defeitos superficiais.

No fim é limpa a base e outros locais da peça que possam entrar em contacto com o material refratário do forno. Assim garante-se que o vidro não agarra aos suportes no forno e que não se solte da peça. As peças prontas ficam à espera em transportadoras para a cozedura no forno.

- **Cozedura – Forno:**

A fase mais crucial é a cozedura. Na Figura 3.7 apresenta-se uma imagem de peças em condições de entrar para o forno e iniciar a cozedura.



Figura 3.7 – Vista da entrada das peças no forno.

As peças são sujeitas a um ciclo de cozedura durante 17 horas que atinge aproximadamente 1200°C. Na Figura 3.8 está representada uma curva típica da cozedura das peças sanitárias.

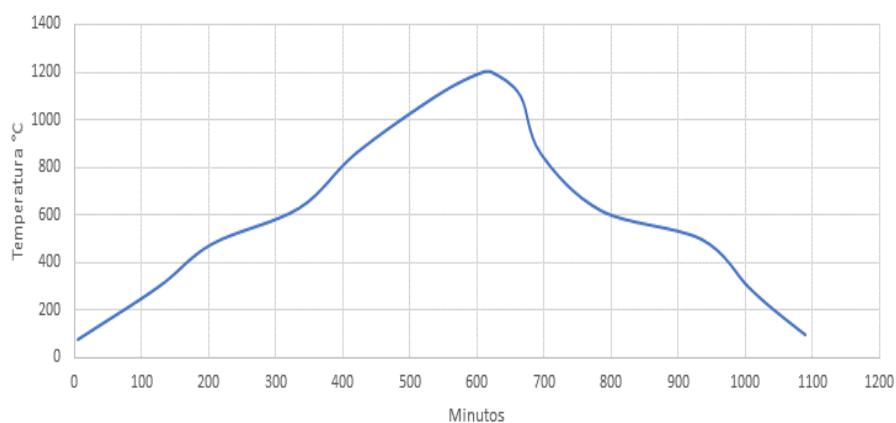


Figura 3.8 – Curva de cozedura das peças sanitárias.

Nesta etapa os defeitos que possam existir aparecem sob a forma poros, rachas, falta de vidro, entre outros. Os materiais são muito sensíveis a alterações das condições atmosféricas a que estão sujeitos pelo que é importante monitorizar a temperatura do forno.

O aquecimento de 30 °C a 1200 °C e depois no arrefecimento, de 1200 °C a 50 °C ainda dentro do forno, dão se certas reações físicas e químicas. De acordo com o valor da temperatura e do tempo apresentado na Figura 3.8, podem-se destacar as seguintes alterações nas peças:

- **Fase de aquecimento:**

- 30-150°C:

A humidade residual, que não deve ser superior a 1 a 1,5%, é eliminada. A peça deve ser aquecida lentamente, a cerca de 100-130°C/h (no máximo), para evitar uma evaporação rápida e violenta da água e assim não danificar a peça.

- 150-500°C:

As substâncias orgânicas das argilas, decompõem-se e queimam-se. A rapidez com que esta queima se dá depende da:

- Natureza e a granulometria das substâncias orgânicas;
 - Velocidade de aquecimento;
 - Espessura do corpo cerâmico: quanto maior for a espessura, mais lento deve ser o aquecimento e, portanto, este torna-se mais demorado;
 - Tipo de atmosfera no forno (oxidante ou redutor). No caso da cerâmica, esta deve ser absolutamente oxidante.

- 500-700°C:

Durante este intervalo de temperaturas, existem muitas transformações a registar:

- Entre os 520°C e os 650°C, o caulino decompõem-se, com a consequente libertação de água;
 - Próximo dos 573°C, o quartzo transforma-se abruptamente da forma alfa para a forma beta, que leva a um aumento do volume do corpo, sendo parcialmente compensado com o encolhimento resultante da desidratação do caulino;

- 700-1050°C:

Os carbonatos completam o seu processo de decomposição, o carbonato de magnésio a 800°C e o carbonato de cálcio a cerca de 950°C.

- 950-1100°C:

Os sulfatos existentes na argila decompõem-se, libertando-se sob a forma de gás. A estas temperaturas são iniciadas as reações de sinterização. Estas reações são responsáveis por um encolhimento do corpo, portanto é imperial uma velocidade de aquecimento lenta, cerca de 120-150°C/h, para que o produto final não saia defeituoso. É nesta fase que o vidro começa a fundir, aproximadamente 1100°C, e o processo de desgaseificação é concluído, pelo que deverá ocorrer de forma lenta para garantir a melhor qualidade de superfície do vidrado. Se esta fase for muito rápida, haverá o risco de os gases ficarem retidos na massa de vidrado quando se iniciar o arrefecimento, e sendo assim podem surgir o aparecimento de defeitos.

- 1100-1230/1250°C

Nesta gama de temperatura o vidro atinge o seu estado final. Uma vez atingida a temperatura máxima, o encolhimento e a vidragem dos corpos de porcelana sanitária estão finalizados. A vidragem provoca um aumento de espessura da massa cerâmica, devido à fase vítrea fundir devido à presença do feldspato.

- **Fase de arrefecimento:**

- 1230/1250-1200°C

O arrefecimento deve ser feito muito lentamente, para permitir a libertação total das bolhas de gás presas na camada de vidro. A temperatura é reduzida a cerca de 10-15°C/h.

- 1200-800°C

Inicialmente (acima dos 950°C), o corpo é caracterizado por um comportamento pirolástico, portanto deve ser feito um arrefecimento rápido, até serem atingidas temperaturas inferiores a 800°C. Este arrefecimento rápido também ajuda ao aumento da espessura do vidro. A velocidade de arrefecimento deve atingir os 1000°C/h, nos ciclos rápidos.

- 800-600°C

O arrefecimento deve ser feito lentamente (a cerca de 100-130°C/h), porque entre os 750 e os 800°C atinge-se um ponto de transformação do corpo vítreo. A temperatura deve ser

mantida uniforme nas várias partes da peça e em toda a sua espessura, devido à transformação dos resíduos do quartzo beta em alfa.

- 600-500°C

Aos 573°C o resíduo de quartzo transforma-se de beta para alfa, com uma contração rápida de volume. Como o corpo cozido é frágil, se houver uma distribuição não uniforme de temperaturas, a peça vai sofrer diferentes encolhimentos o que pode provocar quebras. É recomendável que não seja ultrapassada a velocidade de arrefecimento de 50°C/h.

- 500-50°C

Este deve ser feito a aproximadamente 50°C/h entre os 250 e os 180°C. Após os 180°C já não existe mais nenhuma modificação nas peças de assinalar [10].

- **Escolha:**

Após a cozedura, todas as peças são inspecionadas a 100% de forma a verificar os defeitos ou imperfeições que possam existir e assim proceder à separação das peças. Na Figura 3.9 apresenta-se uma imagem do setor de escolha das peças e paletização.

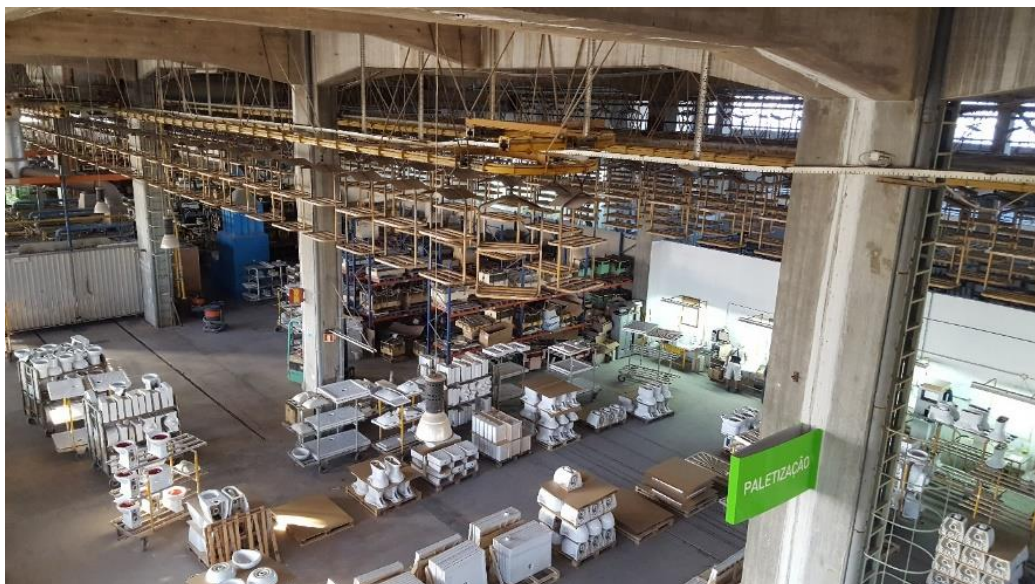


Figura 3.9 – Zona de escolha e paletização.

Nesta etapa o escolhedor pode enviar cada peça para os seguintes locais:

- Retoque a frio: peças com defeitos em zonas não visíveis e que são corrigidas com uma resina apropriada e que passam novamente por uma escolha;

- Retoque a quente: peças com defeitos mais evidentes em zonas visíveis e/ou não visíveis que são tratadas com uma pasta adequada e cozidas uma segunda vez no forno de recozedura e escolhidas novamente;
- Quebras: peças com defeitos impossíveis de retocar;
- Armazém: peças conformes e prontas a serem vendidas.

3.3 Sistema informático *Bang*

O sistema informático *Bang* implementado permitiu conhecer mais informação sobre as peças e de uma forma mais rápida e eficiente. No sistema é feita uma leitura de um código de barras único introduzido em cada peça.

É da responsabilidade dos oleiros a colagem dos códigos de barras (ID) nas suas próprias peças deixando assim de marcar as mesmas com o carimbo e data; essa identificação é ilustrada na Figura 3.10. Após a desformagem o colaborador responsável pelo controlo de produção realiza a leitura dos ID das peças com uma pistola de leitura ótica e recorrendo a um tablet onde é introduzido o número de oleiro (nº de colaborador ARCH). Desta forma fica registado o responsável pelo enchimento, a data e hora em que ele ocorreu.



Figura 3.10 – Identificadores das peças.

Caso existam quebras das peças são registadas através do ID fazendo corresponder o defeito que as conduziu à quebra e o responsável pelo mesmo. A Figura 3.11 mostra de forma mais clara estas informações e como elas são registadas no sistema informático interno da ARCH denominado *Bang*.

Unidade	1466050170
Peça	34004
Descrição	BACIA NAUTILUS SUSPensa (HIDE)
Produto	
Descrição	

Localização	Data	Utilizador	Falha	
Quebras	20/07/2018 12:16:38	Manuel		0
Olaria	20/07/2018 08:00:00	Manuel	DESMOLDAGEM	0

Figura 3.11 – Registo das informações das peças.

De acordo com a figura acima facilmente percebe que a peça em questão foi cheia no dia 20 de Julho às 8:00 e foi uma quebra por desmoldagem

Com este pormenor de registo e através da combinação de fórmulas é possível perceber facilmente, através de indicadores, a quantidade de peças cheias diariamente e qual a percentagem de quebras em cru.

As peças que chegam á etapa de escolha, o escolhedor lê o código de barras usado para identificar as peças e decide o seu destino final, exemplificado na Figuras 3.12, 3.13 e 3.14.

Unidade	1465934887
Peça	79741
Descrição	LAVATÓRIO AVIZ DE 100 CM
Produto	79741002
Descrição	LAV-Lavatório Aviz 100cm Branco

Localização	Data	Utilizador	Falha	
Armazém	20/07/2018 22:50:24	Mário		0
Escolha	20/07/2018 22:50:22	Mário		0
Olaria	24/04/2017 08:00:00	António		0

Figura 3.12 – Destino de uma peça para armazém.

Unidade	1466047599
Peça	34004
Descrição	BACIA NAUTILUS SUSPensa (HIDE)
Produto	34004002
Descrição	NAU-Bacia Suspensa Hide Branco

Localização	Data	Utilizador	Falha	
Quebras	20/07/2018 22:06:22	Mário	COLAGEM	0
Escolha	20/07/2018 22:06:21	Mário		0
Olaria	13/07/2018 08:00:00	Manuel		0

Figura 3.13 – Destino de uma peça para quebra.

Unidade	1466041878
Peça	13021
Descrição	BAC.OCEANUS COMP.PAR.
Produto	13021002
Descrição	OCE-Bacia Compacta Desc. Horizontal Branco

Localização	Data	Utilizador	Falha	
Armazém	20/07/2018 22:37:25	Mário		○
Escolha	20/07/2018 22:37:24	Mário		○
Recozedura	16/07/2018 11:16:08	Maria		○
Retoque a Quente	14/07/2018 04:20:31	Pedro	PELADO DO VIDRO	○
Escolha	14/07/2018 04:20:29	Pedro		○
Olaria	03/07/2018 08:00:00	José		○

Figura 3.14 – Destino de uma peça com retoque.

Na Figura 3.12 é possível perceber o dia e hora em que a peça foi cheia, quem a encheu, o dia em que foi escolhida e por quem. O destino desta peça foi o armazém.

Na Figura 3.13 o raciocínio é exatamente o mesmo, mas o resultado da peça é diferente, neste caso o produto escolhido foi para quebra, tendo sido associado o defeito que lhe deu origem.

Na Figura 3.14, é introduzido uma operação diferente relacionada com o retoque da peça. Também na secção de retoque (ligada à secção de escolha) foi implementado o sistema Bang. O colaborador responsável pelo retoque regista a operação realizada, ficando identificado quem fez o retoque e quando foi realizado.

Como foi provado, todas as operações realizadas na peça até aquele momento ficam registadas no sistema e assim consegue-se, diariamente analisar diversos indicadores, representado na Figura 3.15, como a produção diária e as percentagens associadas às peças que foram para:

- Armazém;
- Retoque a frio;
- Retoque a quente;
- Quebras, etc.

Peça		OU	CRO	EU	CRE	CAE	ReU	CRRc	RFU	CRRF	RQU	CRRQ	RU	CRR	CRT
12331 LAVATÓRIO EUROPA MÉDIO 1 FURO 07/07/2018 00:00:00	24h	0	100%	2	100%	100%	0	100%	0	100%	2	100%	2	100%	100%
	7d	0	100%	2	100%	100%	0	100%	0	100%	2	100%	2	100%	100%
	30d	0	100%	2	100%	100%	0	100%	0	100%	8	88%	8	88%	100%
	100u	0	100%	8	75%	100%	0	100%	0	100%	8	88%	8	88%	97%

Peça		OU	CRO	EU	CRE	CAE	ReU	CRRc	RFU	CRRF	RQU	CRRQ	RU	CRR	CRT
12361 LAVA-MÃOS EUROPA 1 FURO 18/07/2018 00:00:00	24h	6	100%	8	63%	88%	0	100%	3	100%	0	100%	3	100%	88%
	7d	30	93%	49	57%	98%	0	100%	8	100%	1	100%	9	100%	91%
	30d	120	94%	49	57%	98%	0	100%	8	100%	1	100%	9	100%	92%
	100u	97	95%	100	45%	99%	0	100%	100	100%	99	92%	199	96%	92%

Peça		OU	CRO	EU	CRE	CAE	ReU	CRRc	RFU	CRRF	RQU	CRRQ	RU	CRR	CRT
13001 BAC.OCEANUS SUSPensa 18/07/2018 00:00:00	24h	1	0%	10	20%	20%	0	100%	0	100%	2	100%	2	100%	0%
	7d	13	85%	30	37%	37%	0	100%	1	100%	4	75%	5	80%	31%
	30d	13	62%	77	60%	66%	0	100%	1	100%	16	75%	17	76%	40%
	100u	94	91%	100	55%	72%	0	100%	99	98%	100	63%	199	80%	63%

Peça		OU	CRO	EU	CRE	CAE	ReU	CRRc	RFU	CRRF	RQU	CRRQ	RU	CRR	CRT
13013 BAC.OCEANUS SIF CHÃO 18/07/2018 00:00:00	24h	1	100%	0	0%	0%	0	100%	1	100%	0	0%	1	100%	0%
	7d	5	100%	0	0%	0%	0	100%	1	100%	0	0%	2	50%	0%
	30d	18	89%	0	0%	0%	0	100%	6	100%	5	80%	11	91%	0%
	100u	78	72%	57	25%	93%	0	100%	22	100%	7	71%	29	93%	63%

Figura 3.15 – Indicadores de produtividade.

Os indicadores obtidos são resultado de dos registos obtidos e do cruzamento de dados nos 3 pontos de controlo de produção onde o Bang está implementado: Olaria, Escolha e Retoque.

4 Determinação das causas raiz dos defeitos na ARCH S.A.

No capítulo 4 são enumeradas ferramentas de qualidade que ajudam a perceber os fatores que afetam o processo e são definidos as principais causas do aparecimento dos defeitos nas peças.

4.1 Avaliação de ferramentas da qualidade

A qualidade requer uma monitorização continua de todos os dados relevantes ao processo. Atualmente existem diversas técnicas de controlo da qualidade, com o objetivo de obter resultados que se encontrem dentro de parâmetros predefinidos. Para isso é necessário identificar e eliminar possíveis causas ou conclusões insatisfatórias, das quais se destacam [12]:

- Inspeções: incluem atividades como medições, exames e teste para comprovar se os resultados estão de acordo com os requisitos. Podem ocorrer ao longo do processo ou no produto final;
- Gráficos de controlo: os resultados são dispostos num gráfico, durante um determinado tempo. O objetivo é verificar se o processo está controlado. No caso afirmativo não necessita de ser ajustado, caso contrário, é preciso uma melhoria ou um ajuste para estar dentro dos limites estabelecidos;
- Diagrama de pareto: este diagrama é um histograma, com a nuance de ser ordenado pela frequência das diversas ocorrências. Após a ordenação, devem ser tomadas ações corretivas para os problemas que apresentam maior incidência. A lei de pareto enuncia que uma pequena quantidade de causas provoca a maioria dos problemas e é formalmente chamada como o princípio 80/20, onde 80% dos problemas devem-se a 20% das causas.

Após a recolhas dos dados, e pelo facto de serem produzidos todos os objetos de forma igual a preparação de um diagrama de pareto ou outra ferramenta de controlo, pode apresentar resultados muito dispersos. Em muitos casos, estas diferenças devem-se a:

1. Matérias-primas;
2. Ferramentas, máquinas, equipamentos;
3. Método de trabalho ou processo;
4. Medições de parâmetros.

O diagrama causa-efeito, ou mais conhecido por diagrama de Peixe, foi desenvolvido inicialmente pelo Dr. Kaoru Ishikawa. Este diagrama realça a relação entre uma causa (problema) e o seu efeito, representado pela Figura 4.1. O principal objetivo de melhorar a qualidade do produto final é conseguido analisando primeiro os fatores que afetam o processo. Para isso ao longo da linha horizontal que tem no fim o objetivo a estudar, são adicionadas linhas diagonais nas quais se escreve as possíveis causas que estão a causar alterações ao processo. Estas causas podem vir principalmente de cinco áreas, designados por os 5'M, que são: os métodos, matérias-primas, meio ambiente, mão de obra e máquinas.

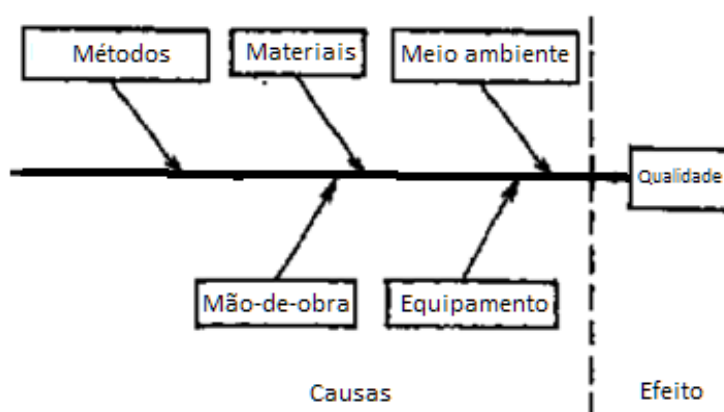


Figura 4.1 – Diagrama de Ishikawa com os principais pontos de análise [13].

4.2 Avaliação dos defeitos das peças na ARCH S.A

Uma forma de avaliar a incidência dos defeitos que podem ocorrer nas várias peças cozidas é a construção de um diagrama de pareto. Os defeitos que as peças possivelmente apresentam no fim do processo são diversos. A cada defeito é atribuído um número que o operador assinala informaticamente.

Durante o presente trabalho, foram avaliadas várias peças no sentido de encontrar os defeitos mais comuns, que posteriormente foram sistematizadas em tabelas adequadas. Só assim foi possível calcular o custo da não qualidade.

Neste capítulo 4 apenas são apresentadas duas peças, no entanto, foram entregues à empresa as análises realizadas também para as seguintes peças:

- Bacias: Europa Plus compacta chão, Oceanus compacta Chão, Opus compacta. Chão-parede, Durius compacta BTW horizontal-vertical, Nautilus suspensa, Opus suspensa, neoclássica compacta Chão, One compacta Des horizontal-vertical, Egg suspensa;

- Lavatórios: One Slim, Aviz 60 cm, Egg com coluna integrada 1 furo, Pessoas com mobilidade reduzida (PMR) GAIA, One Line 120 cm, Rafael 80 cm, Rafael 120 cm, Rafael 100 cm;
- Bases de chuveiro: Danilo, Aris 70x100 cm, Aris 70x120 cm, Pádua 80x100 cm, Pádua 80x140 cm, Luca 80x140 cm;
- Bidés: One suspenso, Opus, Oceanus, One compacto.

A análise de todas as peças permitiu construir tabelas do tipo A.25 e B.25 dos anexos A e B respetivamente, que serviram de apoio para construir os diagramas de pareto. Estão aí quantificados os defeitos em cada mês, assim como a percentagem final de cada defeito em relação ao total de defeitos desde Outubro a Março. Os defeitos predominantes foram os correspondentes aos números: 30 (racha), 31 (poro), 32 (impureza) e 60 (grão de refratário). Alguns dos defeitos encontrados nas peças encontram-se representados nas Figuras 4.2, 4.3 e 4.4.



Figura 4.2 – Defeito presente: racha.



Figura 4.3 – Defeito presente: poro.



Figura 4.4 – Defeito presente: abatimento.

Para compreender de uma forma mais facilitada foram contruídos os diagramas de pareto em que dados estão compilados na Figura 4.5 para a bacia One Suspensa e na Figura 4.6 para a base de chuveiro Luca.

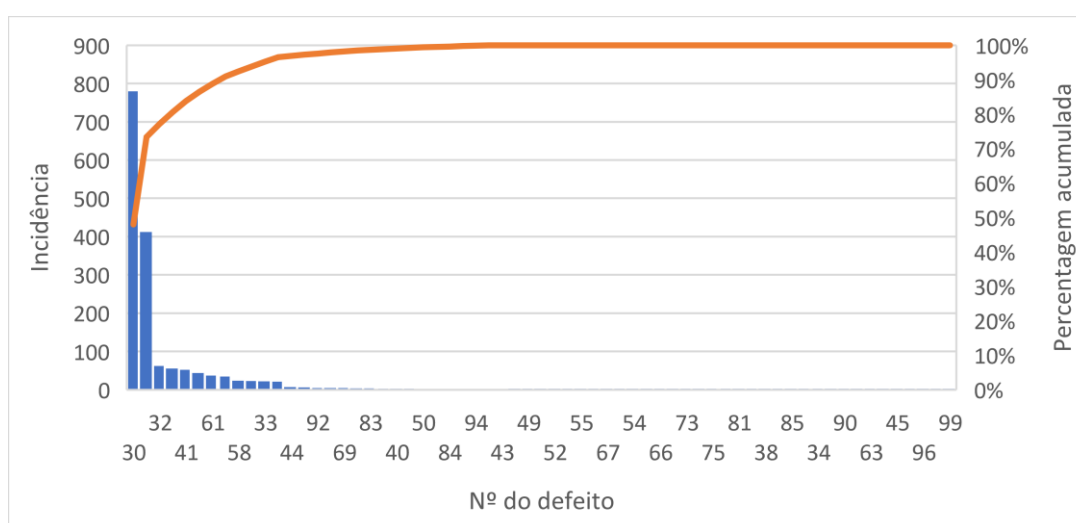


Figura 4.5 – Incidência dos defeitos na Bacia One Suspensa.

O diagrama de pareto relativo à bacia One Suspensa mostra claramente qual o defeito mais preponderante, o número 30 e de seguida o 31. Utilizando a regra 80/20 são estes os defeitos a merecerem a atenção a curto prazo.

Em relação ao diagrama de pareto da base de chuveiro Luca já não existe uma predominância denotada pois a quantidade de bases produzidas é muito menor. No entanto, o número 60 tem o maior destaque entre todos, seguido pelo 31. Tal como no diagrama de pareto da bacia One suspensa, só uma parte dos números é escolhida pelos operadores.

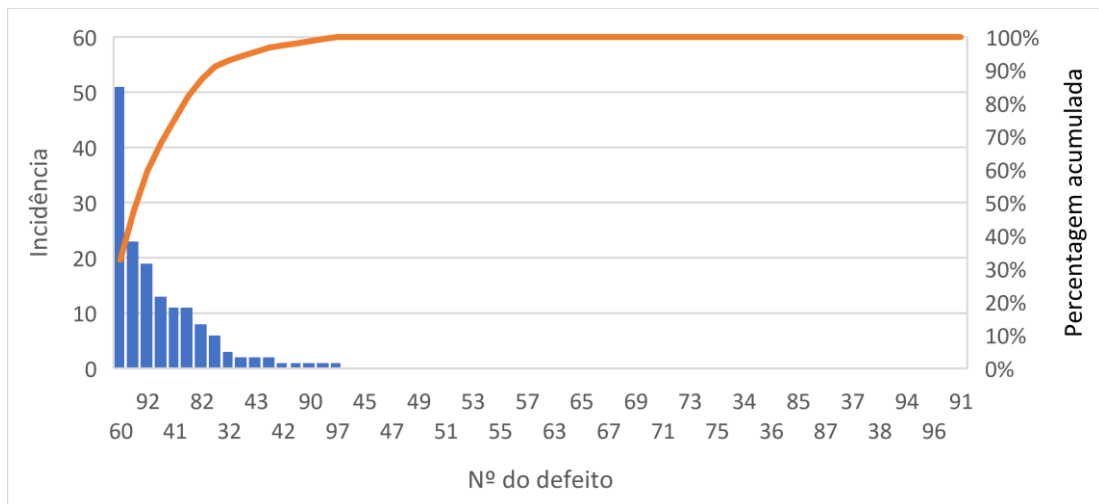


Figura 4.6 – Incidência dos defeitos na Base Luca 80*140cm.

O passo seguinte depois de contabilizar as incidências dos defeitos foram preenchidos os quatro diagramas de peixe para cada defeito, representados nas Figura 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10, respetivamente.

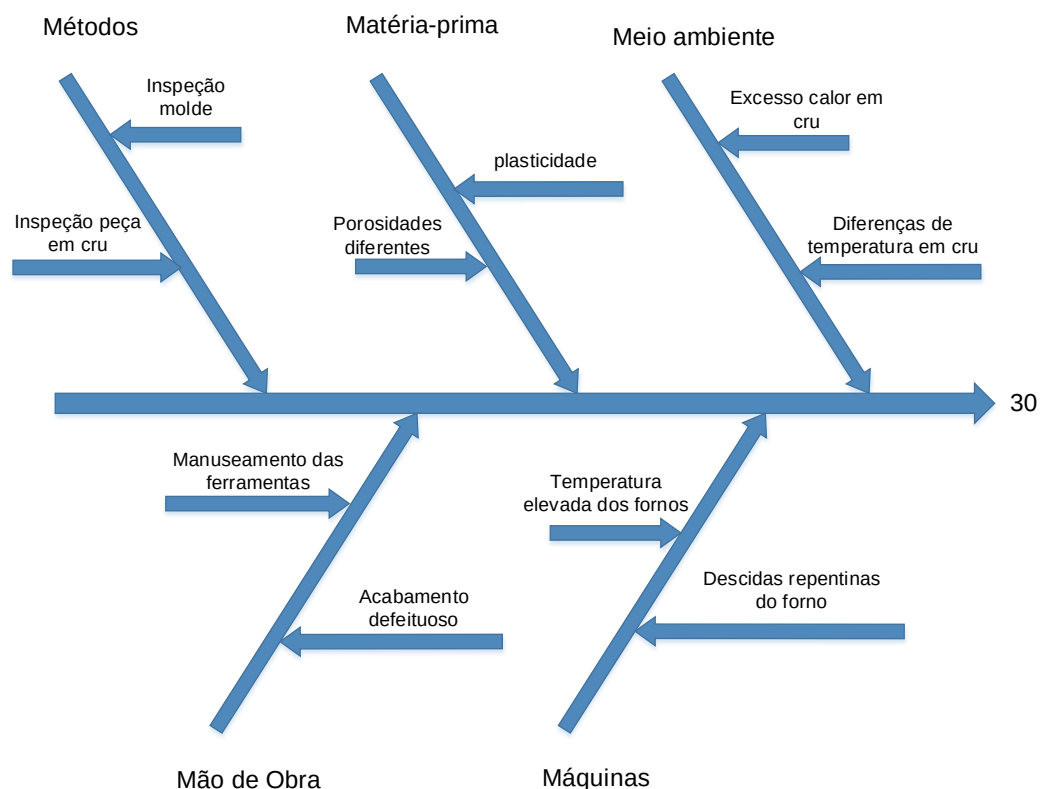


Figura 4.7 – Diagrama Ishikawa para o defeito 30 - racha.

O defeito 30 é caracterizado por ser afetado pelas condições ambientais em que a peça está a ser processada, por isso desde o local onde a peça é enchida até que sai do forno já finalizada é preciso garantir que a temperatura se mantém o mais constante possível para

prevenir este defeito. O operador que é responsável por trabalhar a peça também precisa de manusear as ferramentas com algum cuidado pois a peça quando ainda está em cru, encontra-se num estado mais sensível. É preciso também ter em atenção com a qualidade da matéria-prima usada para garantir que durante o enchimento não ocorram falhas que possam provocar o defeito.

O diagrama de peixe para o defeito 31 é apresentado na Figura 4.8.

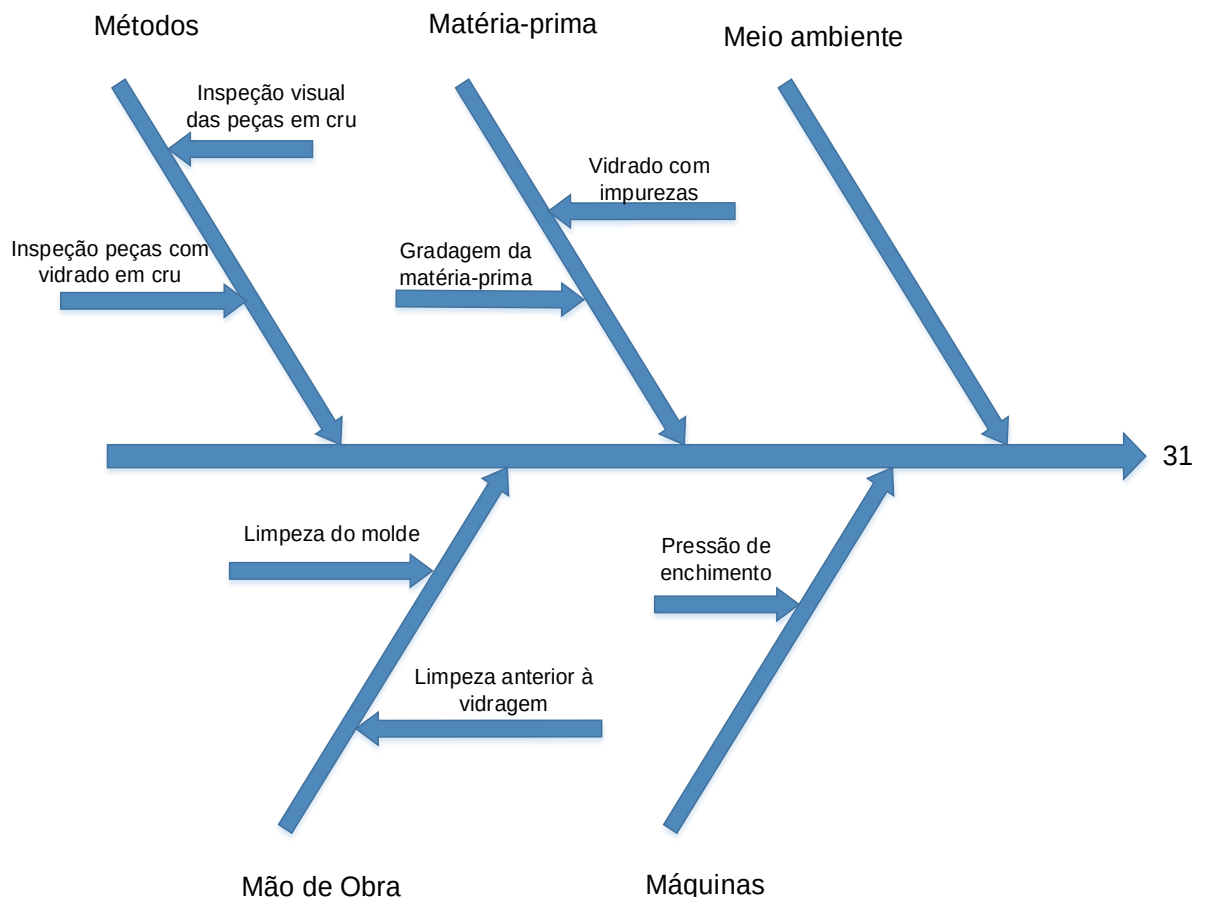


Figura 4.8 – Diagrama Ishikawa para o defeito 31 - poro.

O defeito 31 é caracterizado por ser de difícil resolução já que aparece principalmente devido a falhas no material que é injetado no molde e das condições a que se encontram os moldes. A prevenção é conseguida com uma monitorização regular dos moldes e a respetiva limpeza e ainda com o controlo de qualidade da matéria-prima.

Já para o defeito 32 o diagrama de peixe está ilustrado na Figura 4.9. Um dos problemas associado ao defeito 32 é por exemplo a deficiência na limpeza do molde, ou o excesso de alumina presente nas peças no momento de entrada do forno. O vidro ou até mesmo a matéria-prima podem potenciar o aparecimento deste defeito. Uma forma de diminuir drasticamente a sua presença é um controlo mais apertado de todas as etapas tendo

especial atenção à forma como a peça é produzida e transportada entre as várias etapas do processo.

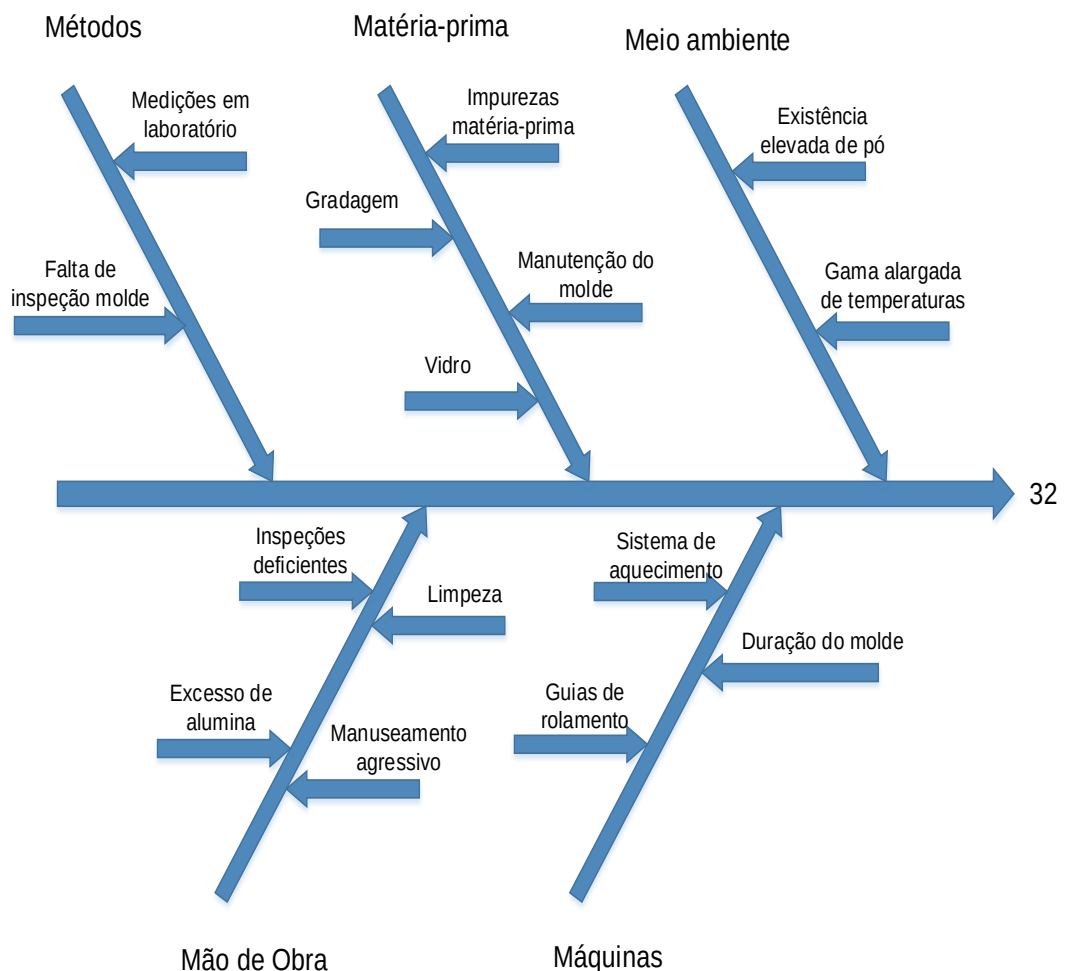


Figura 4.9 – Diagrama Ishikawa para o defeito 32 - impureza.

Para o defeito nº60 obteve-se o seguinte diagrama de peixe, representado na Figura 4.10.

O defeito que também apresenta alguma importância é o número 60. Este defeito não está ligado diretamente às peças em si, mas ao material refratário que envolve as paredes do forno. A maneira de minimizar este problema é ter o cuidado de colocar as peças de forma a que as peças fiquem protegidas as partes visíveis das mesmas. Outra forma poderá ser a renovação da parede do forno. A presença deste defeito torna praticamente impossível a recuperação das peças, visto que afeta visualmente a parte externa da peça.

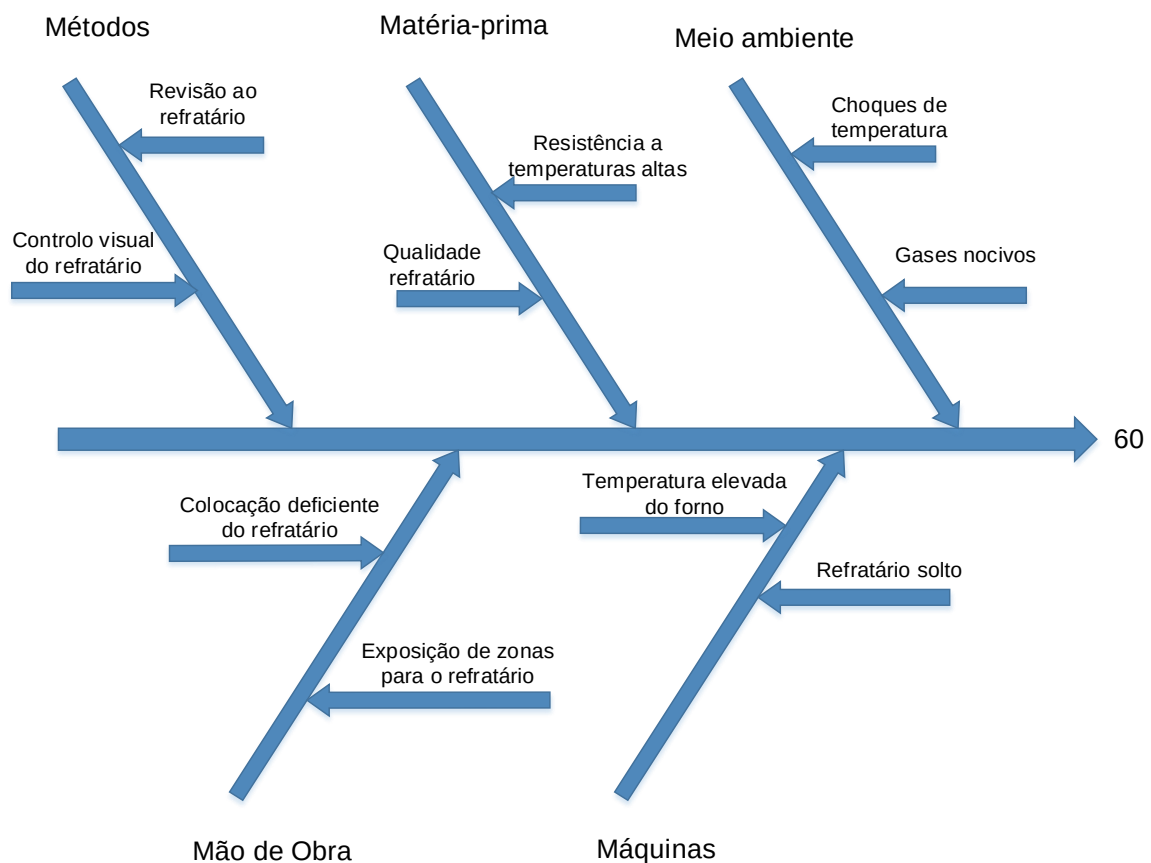


Figura 4.10 – Diagrama Ishikawa para o defeito 60 – grão de refratário.

5 Avaliação dos custos da qualidade e da não qualidade

No capítulo 5 é abordado o tema em específico dos custos da qualidade numa empresa e de seguida é contabilizados os custos da não qualidade na ARCH S.A.

5.1 Os custos da qualidade

Os custos relacionados com a qualidade foram inicialmente abordados por Juran em 1951, com o objetivo de oferecer uma base inicial para avaliar os investimentos, assim como, possíveis melhorias. Armand Feigenbaum, em 1956, dividiu os custos de qualidade em 4 categorias [14], [15]:

- Custos de prevenção:
Os custos de prevenção, envolvem todas as ações com objetivo de evitar os erros. Estão associados a estes custos formações, melhorias de técnicas e ferramentas, melhoria do controlo do processo, entre outros;
- Custo de avaliação:
São os custos necessários para avaliar a qualidade do produto quando este sai pela primeira vez do processo, de modo a detetar falhas antes de ser colocado no mercado para venda. Nestas avaliações incluem-se relatórios, inspeções e auditorias;
- Falhas internas:
Resultam dos erros detetados ainda dentro da empresa, ou seja, antes do produto chegar ao cliente. São exemplos desta falha o retrabalho, eventuais reparações, tal como, o tempo gasto na investigação do problema;
- Falhas externas:
Os custos das falhas externas surgem dos erros detetados e reclamados pelos clientes. Estas falhas podem originar grandes perdas a nível monetário, quer em termos de credibilidade da empresa e destruição da própria imagem, sendo muitas vezes irreversíveis.

A verdadeira dimensão dos custos totais nem sempre é conhecida. As consequências nos desvios do processo, produto ou nos procedimentos podem ser catastróficas para as relações com os clientes, levando à perda ou diminuição de encomendas. A forma mais conhecida de representar os custos é recorrendo ao modelo de um iceberg, Figura 5.1. Assim o maior volume de custos não se vê, pois está localizado abaixo do nível do mar e a parte

visível representa a minoria dos custos. No entanto são os custos “invisíveis” que podem levar ao colapso da empresa e por isso é sobretudo nesses que se tem de atuar primeiro.



Figura 5.1 – Modelo Iceberg para a qualidade [14].

As recolhas dos valores associados aos custos de qualidade, podem vir de diferentes fontes, das quais se pode destacar:

- Contabilidade;
- Documentos administrativos, técnicos ou comerciais;
- Inquéritos e sondagens;
- Informações dos colaboradores.

Por ser muito difícil ou quase impossível de contabilizar os custos da qualidade ao cêntimo, o que se obtém é uma ordem de grandeza, por defeito, mas que dá um panorama geral do problema e a sua preponderância para a gestão e sobrevivência da empresa.

A necessidade de investimento em custos de prevenção tem, para isso, de crescer ao longo do projeto, ao contrário, do investimento de custos de falhas internas e externas que devem seguir o caminho inverso. Assim, no fim do projeto, consegue-se que os custos associados à qualidade sejam diminutos. A Tabela 5.1 sumariza um modelo conceptual relativo aos custos de qualidade num projeto a 5 anos [16].

Tabela 5.1 – Modelo de custos de qualidade ao longo do tempo – 5 anos.

Nível de maturidade					
Custos	1	2	3	4	5
Prevenção	Muito baixo	Baixo	Moderado	Alto	Alto
Avaliação	Baixo	Moderado	Moderado	Baixo	Baixo
Internos	Alto	Muito alto	Alto	Moderado	Muito baixo
Externos	Alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito baixo
Total	Alto	Muito alto	Alto	Moderado	baixo

Um método de análise alternativo consiste na evolução gráfica das diferentes categorias ao longo do tempo. É conhecido pelo método Prevenção–Avaliação–Falhas (PAF). Os custos de avaliação e de falhas diminuem para dar lugar a um aumento do nível de qualidade. Em contraste os custos de prevenção crescem gradualmente. A curva do custo total resulta da soma das 3 variáveis em cada ponto de análise. A Figura 5.2 mostra uma representação gráfica do modelo PAF [17].

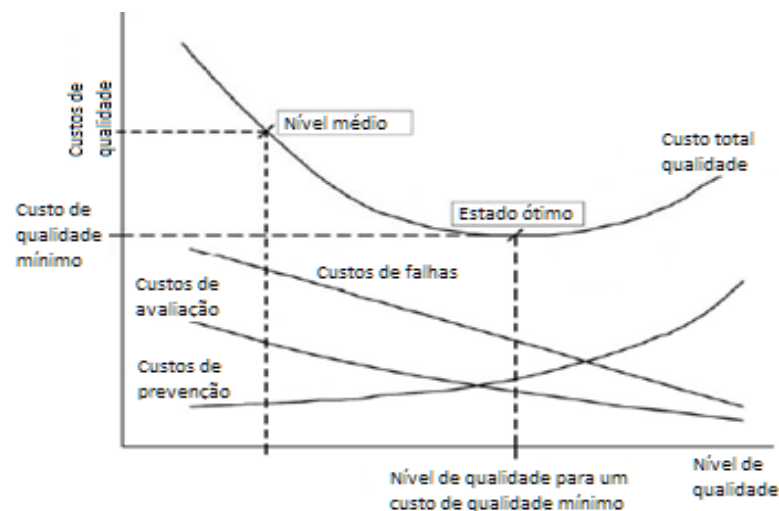


Figura 5.2 – Modelo PAF qualidade [17].

Para isso, o caminho mais lógico para melhorar a qualidade e reduzir custos é [18]:

1. Identificar os principais contribuidores para os custos de qualidade;
2. Usando uma análise de pareto, identificar as principais razões para os custos de cada variável;
3. Usando técnicas, como os diagramas de Ishikawa, determinar as causas raiz;
4. Iniciar e monitorizar as ações corretivas.

Para avaliar os custos da não qualidade, inicialmente foram recolhidos os dados sobre as peças em que estavam descritos:

- Número de retoques que foram sujeitas;
- Os defeitos que fizeram com que a peça fosse para retoque;
- Verificação se a peça já se encontrava em armazém e posterior venda.

Esta recolha e quantificação foi feita com a ajuda de folhas de cálculos Excel. Para uma melhor rastreabilidade cada peça tem a sua identificação única que permite saber em que local se encontra quer seja em zona de produto em acabamento, em controlo ou em local de armazém e ainda as pessoas que a manusearam.

5.2 O custo da não qualidade na ARCH S.A.

Para calcular o custo da não qualidade foram definidos alguns parâmetros que permitiram chegar ao preço final. O custo de retoque a frio (R.F) e a quente (R.Q) e o preço por quilograma de cada peça foram calculados a partir de uma estimativa fornecida pela empresa. O custo de escolha, ou seja, o custo correspondente ao tempo gasto pelo operador para avaliar se a peça está conforme ou não, e enviá-la para o destino correto, baseou-se no salário do operador a dividir por 160 horas mensais de trabalho e multiplicado por 3 minutos, que é o tempo médio de visionamento da peça. Deste modo são apresentados na Tabela 5.2, os custos de não qualidade referente a dois exemplos de peças produzidas pela ARCH:

- Bacia One Suspensa;
- Base de chuveiro Luca 80*140 cm.

Tabela 5.2 – Custo de reparação e peso das peças.

Peça	R.F (€)	R.Q (€)	Escolha (€)	Quebra (€/Kg)	Peso (Kg)
Bacia One suspensa	2,00	9,00	0,20	2,20	22
Base de chuveiro Luca					41,5

Para as duas peças já referidas foram preenchidas tabelas como as apresentadas no anexo A e B estão contabilizadas as peças que tiveram retoque a frio, a quente ou a combinação dos dois diferentes retoques. No caso das tabelas denominadas Peças escolhidas, encontram-se todas as peças que operador viu ao longo de cada mês e definiu o destino apropriado. No caso de a peça necessitar de algum retoque durante o mês, esse custo é contabilizado no quadrado respetivo de peças escolhidas.

Por exemplo uma peça que tenha um retoque a frio e outro a quente, será colocada no quadrado da tabela em que a combinação é um retoque a quente e outro a frio. A peça em questão além do custo de cada retoque tem junto ainda mais três escolhas pois de cada vez que a peça é retocada passa pela fase de escolha novamente. Por fim, na última avaliação, a peça pode ir para armazém ou para quebras, sendo este custo contabilizado nas tabelas adjacentes.

Em conjunto com as três tabelas foram introduzidas mais três tabelas percentuais em que se analisa a percentagem de peças conformes, de quebras e peças que não tiveram o seu destino definido ficando por isso a transitar para o mês seguinte. Ainda conta duas tabelas em cada mês, em que a primeira apresenta o custo da não qualidade de cada combinação de retoques e a segunda o custo da não qualidade das peças que transitaram do mês subsequente ao analisado.

De forma a compreender como foram calculados cada valor das tabelas 5.3 e 5.4 é descrito, um exemplo de uma peça (bacia One Suspensa) que passou por dois retoques, um a quente e outro a frio:

1. A peça chega ao ponto de escolha e é verificada integralmente. O funcionário responsável deteta um defeito que necessita de um retoque a quente; O preço desta escolha não é contabilizado porque está inerente a todas as peças independentemente do seu destino.
2. A peça é tratada de forma a estar pronta a entrar no forno de recozedura. Esta fase tem um custo de 9€.
3. Chega de novo ao posto de uma segunda escolha resultante da recozedura e é detetado outro defeito que requer um retoque, agora a frio. É adicionado 0,20€ pela escolha extra.
4. A peça é retocada a frio na zona para esse efeito. O custo da reparação é igual a 2€.
5. Na terceira escolha a peça é verificada mais uma vez e pode ter dois destinos: ou é enviada para armazém e é apenas somado o custo de 0,2€ relativo à escolha ou é uma quebra, e neste caso é ainda multiplicado o peso da peça por 2,20€ (custo de quebra por quilograma).

Os valores apresentados nas tabelas são a soma de todas as combinações existentes em cada mês de análise, apresentados no anexo A.

O custo total para este exemplo em caso de a peça ir para armazém é de 11,40€. Por outro lado, se a peça for dada como quebra o custo total é de 59,80€.

Com base nestes dados e cruzando a informação com os valores de custo unitário apresentados na Tabela 5.2, determinou-se os seguintes custos:

- O custo total obtido pela soma de todos os custos do mês em análise com o mês anterior.
- O custo unitário em que se dividiu o custo total pelo número total de peças produzidas em cada mês.
- O preço que as quebras diretas representaram para empresa. Este valor resulta do aparecimento de um defeito após a produção de uma peça, que impossibilita a sua recuperação.

Uma vez que a produção das diversas peças na ARCH é muito variável e dependendo das encomendas feitas, foi necessário fazer uma análise relativamente à escolha de peças a avaliar. Sendo a bacia One Suspensa umas das peças mais requisitadas pelos clientes e a

base de chuveiro luca 80*140 cm a que tem encomendas reduzidas, foram estas as peças avaliadas.

Os custos totais, o custo unitário e o custo das quebras, relativamente a bacia One Suspensa, é apresentada na Tabela 5.3. Esta avaliação foi feita entre Outubro de 2017 e Março de 2018.

Tabela 5.3 – Custos totais, Custos por unidade e quebras diretas de cada mês analisado para a bacia One Suspensa.

Mês	Custo total (€)	Custo p/un (€)	Quebras diretas (€)
Outubro	2 529,07	12,40	1 597,20
Novembro	3 011,86	10,28	1 355,20
Dezembro	2 135,83	10,37	435,60
Janeiro	2 859,96	15,29	2 178,00
Fevereiro	5 209,63	14,35	3 049,20
Março	7 686,98	16,50	5 566,96

No caso da mesma análise, mas para a base de chuveiro Luca, é apresentada na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Custos totais, Custos por unidade e quebras diretas de cada mês analisado para a Base Luca 80*140cm.

Mês	Custo total (€)	Custo p/un (€)	Quebras diretas (€)
Outubro	50,52	2,10	0
Novembro	236,99	19,75	182,79
Dezembro	246,57	18,97	91,40
Janeiro	1 078,1	37,18	639,77
Fevereiro	581,05	15,70	0
Março	158,15	7,53	0

Para uma melhor compreensão dos resultados, estes foram dispostos em três gráficos. A Figura 5.3 apresenta a evolução do custo total ao longo dos seis meses para a bacia One suspensa e base Luca. O grande afastamento de valores obtidos entre as duas peças, deve-se ao facto de o volume de produção ser significativamente mais baixo, já que o número de encomendas não foi tão recorrente.

Em termos individuais, a bacia One suspensa apresentou um custo muito semelhante desde Outubro a Janeiro, subindo consideravelmente em Fevereiro e Março, quando atingiu o seu máximo de 7 686,98€.

Já para a base de chuveiro Luca apenas foi verificado que, o valor mais alto em relação ao custo de não qualidade deu-se em Janeiro que foi de 1 078,10€ e apresentou um mínimo de 50,52€ no mês de Outubro.

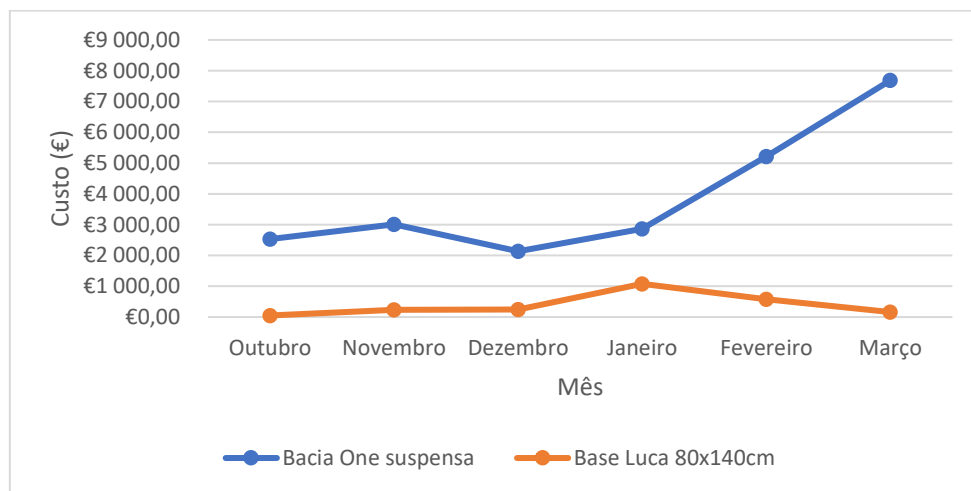


Figura 5.3 – Representação dos custos totais para a Bacia One Suspensa e Base Luca 80*140cm.

Uma melhor análise de custos pode ser feita com base no custo específico. Assim, pela Figura 5.4 é possível concluir que apesar de terem sido produzidas em menor quantidade, as bases de chuveiro revelaram ter um custo por unidade superior às bacias. Isto pode ser explicado pelo facto de as bases de chuveiro apresentar um peso que é praticamente o dobro do da bacia o que afeta cada peça produzida com defeito, impossível de retoque. Este aumento foi mais acentuado em Janeiro e o valor cifrou-se em 21,89€. Nos meses de Outubro e Março o custo por unidade foi superior para a bacia visto que a produção de bases de chuveiro “Luca” foi residual impedindo uma comparação racional.

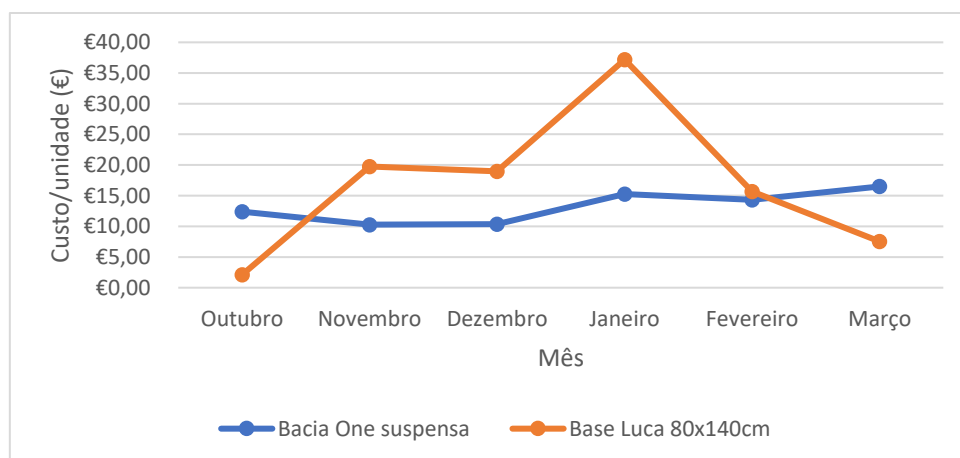


Figura 5.4 – Representação do custo específico para a Bacia One Suspensa e Base Luca 80*140cm.

Por fim foi analisado o valor total das quebras diretas que é representado no Figura 5.5. Este indicador é sempre importante porque facilita a visualização do dinheiro que está a ser perdido diretamente em cada peça, mesmo que esta seja introduzida de volta no processo, minimizando assim os custos.

Assim sendo vê-se claramente que a bacia One suspensa tem um custo muito elevado em quebras sendo o valor mais alto de 5 566,96 € encontrado em Março. Para a base de chuveiro Luca o valor máximo obtido em Janeiro foi de 639,77€.

A principal conclusão é que a quantidade de defeitos que não permitem a recuperação das bacias é muito alta relativamente à base de chuveiro, indicando que esta peça, quer através de alterações no processo ou de ajuste de matéria-prima tem um grande potencial de melhorar, diminuindo assim os custos de perda associados às quebras diretas.

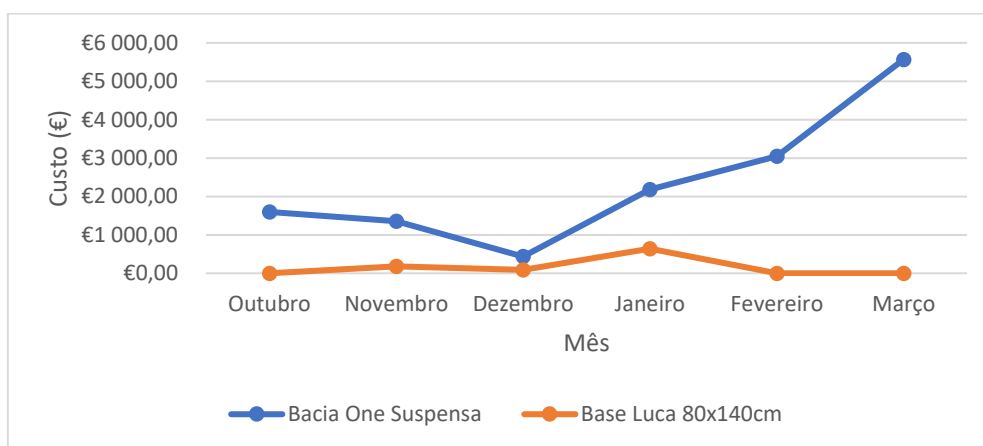


Figura 5.5 – Representação do custo das quebras diretas para a Bacia One Suspensa e Base Luca 80*140cm.

De forma a perceber o impacto que o custo da não qualidade tem nas vendas para a bacia One Suspensa, apresentam-se os dados na Figura 5.6. Os valores em concretos, assim como a quantidade de unidades vendidas, encontra-se descrito na Tabela 5.5.

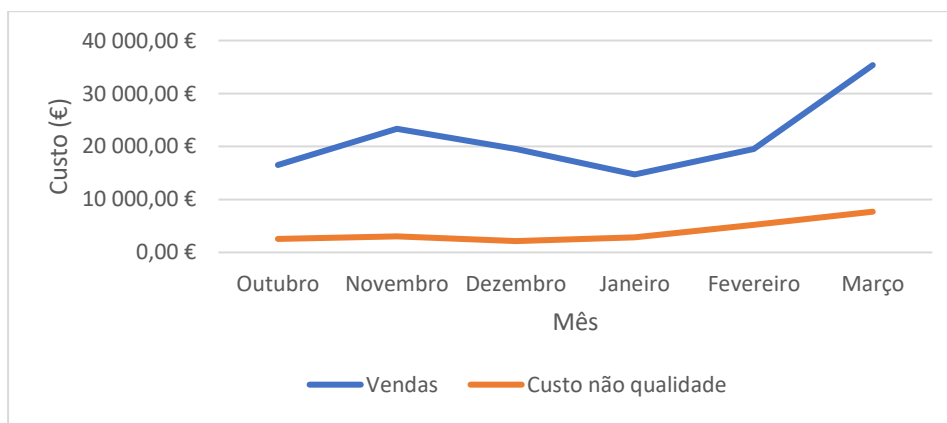


Figura 5.6 – Comparação das vendas com o custo da não qualidade para a Bacia One Suspensa.

Tabela 5.5 – Unidades vendidas, valor das vendas e a percentagem correspondente do custo de não qualidade em relação às vendas.

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Total
Unidades vendidas	76	108	85	62	82	149	562
Vendas (€)	16 524,00	23 328,00	19 548,00	14 720,00	19 528,00	35 360,00	129 008,00
Custo não qualidade (€)	2 529,07	3 011,86	2 135,83	2 859,96	5 209,63	7 686,98	23 433,33
Percentagens de vendas (%)	15,3	12,	10,9	19,4	26,7	21,7	17,8

A bacia One Suspensa apresentou valores de vendas entre 19 528 € e 35 360€ no período de Outubro a Março. Ao analisar a Figura 5.6 a percentagem que o custo da não qualidade representou nas vendas foi de 10,9% para o mês de Dezembro, sendo que o mês com maior expressão foi em Fevereiro, que se cifrou em 26,7%. Nos meses analisados a média ficou nos 17,8%.

Para a base de chuvaire Luca fez-se o mesmo estudo, estando os resultados apresentados na Tabela 5.6 e a visualização dos valores referidos na Figura 5.7.

Tabela 5.6 – Unidades venndidas, valor das vendas e a percentagem correspondente do custo de não qualidade em relação às vendas.

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Total
Unidades vendidas	3	21	1	19	0	46	90
Vendas (€)	996,00	6 972,00	332,00	6 308,00	-	15 272,00	29 880,00
Custo não qualidade (€)	50,52	236,99	246,57	1 078,10	581,05	158,15	2 351,38
Percentagens de vendas (%)	5,1	3,4	74,3	17,1	0,0	1,0	16,8

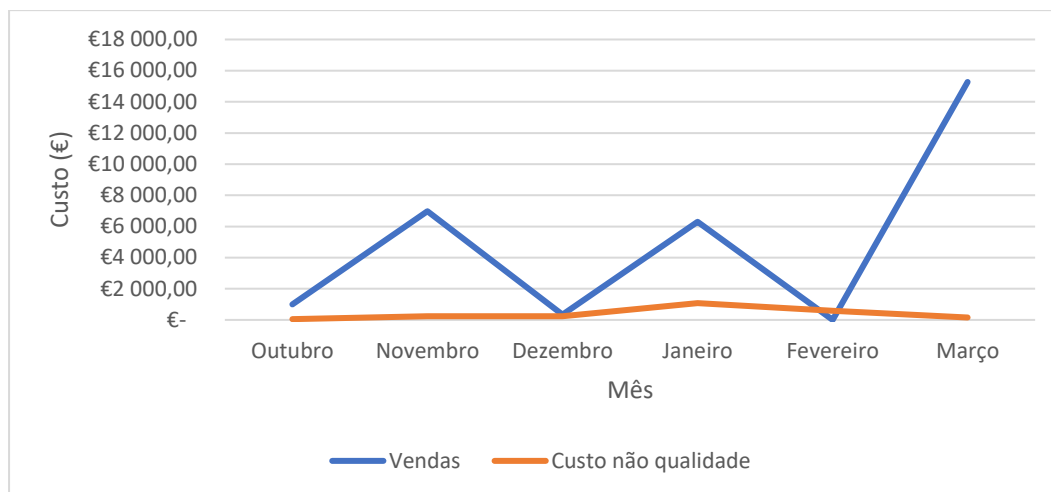


Figura 5.7 – Comparação das vendas com o custo da não qualidade para a Base Luca 80*140cm.

A base Luca teve um comportamento mais alternado devido à quantidade de vendas não ser constante e isso refletiu-se nos custos de não qualidade. É possível ver que este custo insurgiu com grande expressão no mês de dezembro, em que só foi vendido uma peça no valor de 332€ e o custo de não qualidade foi de 246,57€ representando uma percentagem de 74,3%. O valor mais baixo deu-se em Março e foi de 1,0%, excluindo o mês de Fevereiro que não se vendeu nenhuma unidade.

Em termos gerais da análise de todos os produtos, foi realizado o somatório dos custos totais em cada mês. A Figura 5.8 representa essa mesma evolução ao longo dos seis meses.

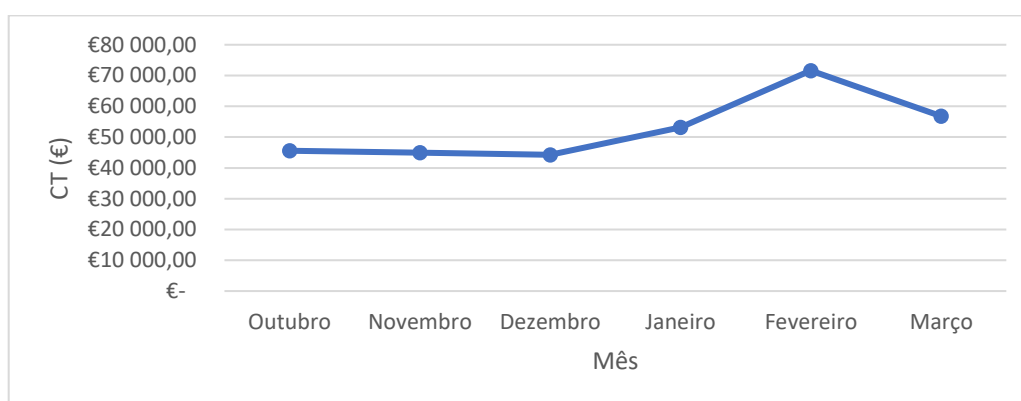


Figura 5.8 – Somatório dos custos totais de todas as peças analisadas.

Os custos mantiveram-se praticamente constantes situando-se em 45 000€ desde Outubro até Dezembro, altura em que o número de encomendas aumentou e o custo da não qualidade seguiu a mesma tendência sendo o máximo obtido em Fevereiro com o valor de 71 610€. Na tabela C.1 do anexo C encontra-se em cada linha, com detalhe os valores do custo da não qualidade desde o mês de Outubro a Março.

6 Conclusões e sugestões futuras

Neste trabalho realizado na ARCH S.A., foram estudados e identificados os defeitos com mais incidência nas peças sanitárias e posteriormente calculados os custos da não qualidade relativos a 30 peças que estão à venda para o cliente. Este estudo foi importante para melhorar e otimizar o processo produtivo sem aumentar os gastos.

Inicialmente, com a ajuda do sistema informático *Bang* foram recolhidos os dados relativos aos defeitos de cada peça e ordenados por ordem decrescente de incidência. Utilizando a ferramenta diagrama de pareto, foram construídos os gráficos, para que os defeitos mais comuns estivessem ordenados e fossem de fácil leitura. As peças presentes neste trabalho foram a bacia One Suspensa porque é uma das louças sanitárias que representa um maior número de vendas e a base de chuveiro Luca 80x140cm já que corresponde a uma peça cuja encomendas efetuadas é mais baixa.

Recorrendo aos diagramas de Ishikawa, fez-se uma análise mais detalhada dos possíveis defeitos: poro, racha, impurezas, grão de refratário. Foi necessário entender quais as causas inerentes ao aparecimento dos defeitos para atuar no sentido da sua diminuição.

Seguidamente, foram contabilizados os custos da não qualidade com base nas peças enviadas para armazém, que continham um ou mais retoques ou que tinham como destino o setor das quebras. A soma de todos os dados permitiu determinar que para a bacia One Suspensa os custos da não qualidade variaram entre 2 136€ em Dezembro e 7 687€ em Março. Já para a base de chuveiro Luca o mínimo foi atingido em outubro com o valor de 51€ e o máximo em Janeiro de 1078€. A par destes custos foram calculados os valores de custo específico e ainda valor que as quebras diretas representam para a empresa.

Por fim, foram somados todos os custos da não qualidade das peças analisadas durante o presente trabalho para se ter uma ideia clara de quanto a empresa estava a perder com as peças que não podiam seguir para venda. O menor custo deu-se no mês de Novembro sendo igual a 44 259,42€ e o valor máximo de 71 610,00€ foi obtido em Fevereiro. Tendo em conta que não foram avaliadas estão todas as peças do catálogo estes valores podem ser ainda bastante superiores.

Para os trabalhos futuros sugeriu-se que a empresa:

- efetuar a limpeza mais regularmente das tubagens de alimentação das pastas para prevenir a solidificação;
- um controlo mais rigoroso sobre as condições de secagem e assim diminuir o aparecimento de alguns defeitos;

- Rever o sistema de escolha dos defeitos para o tornar mais simples e adequado ao processo produtivo atual;
- Continuação do estudo das peças remanescente presentes no catálogo da empresa para ter uma percepção global dos custos associados à não qualidade;
- Analisar as perdas de pasta ao longo do processo para compreender os gastos que representam ao final de cada mês.
- Plano de inspeção e ensaios para avaliar os defeitos diários na escolha

7 Referências Bibliográficas

- [1] J. G. Suarez, “Three Experts on Quality Management,” *Tqlo*, no. 92, p. 41, 1992.
- [2] T. Pyzdek and P. Keller, *The handbook for quality Management. A complete guide to operational excellence*, 2 Edition., vol. 136, no. 1. McGraw-Hill, 2013.
- [3] “História Valadares.” [Online]. Available: <http://www.archvaladares.com/historia/>. [Accessed: 12-Aug-2018].
- [4] C. Anandharamakrishnan, *Handbook of Drying for Dairy Products*, vol. 136, no. 1. John Wiley & Sons, 2017.
- [5] C. Technology and C. J. Wiley, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, Howe-Grant., vol. 9. John Wiley & Sons, 2004.
- [6] A. S. Mujumdar, “Fundamental principles of drying,” *Mujumdar’s Pract. Guid. to Ind. Dry.*, vol. 23, no. 6, pp. 1519–1524, 2000.
- [7] “Secadores de Bandeja | Powder Systems Limited.” [Online]. Available: <http://www.powdersystems.com/es/productos/secadores-de-bandeja/>. [Accessed: 20-Oct-2018].
- [8] “Telstar Lyobeta Mini Freeze Dryer - Labotec - Quality Laboratory Equipment.” [Online]. Available: <http://www.labotec.co.za/product/telstar-lyobeta-mini-freezer-dryer/>. [Accessed: 20-Oct-2018].
- [9] “Secador de infravermelho / contínuo - Bühler.” [Online]. Available: http://www.directindustry.com/pt/prod/buehler/product-68538-599206.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=SimilarProduct&utm_campaign=CA. [Accessed: 20-Oct-2018].
- [10] European Commission, “Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry,” *Ceram. Manuf. Ind.*, no. August, pp. 210–211, 2007.
- [11] “Brief History of Ceramics and Glass | The American Ceramic Society.” [Online]. Available: <https://ceramics.org/about/what-are-engineered-ceramics-and-glass/brief-history-of-ceramics-and-glass>. [Accessed: 21-Jun-2018].
- [12] Project Management Institute Inc, *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*. 2000.
- [13] K. Ishikawa, *Guide to Quality Control*. TOKYO: Asian Productivity Organization, 1976.
- [14] R. M. G. Capela, “Sistemas integrados de Gestão, Ambiente, Qualidade e Segurança: custos associados,” *Diss. Mestr. em Segurança e Hig. no Trab. do Inst. Politécnico Setúbal*, p. 62, 2014.
- [15] Q. Verónica and F. Oliveira, “A Não Qualidade e o seu Impacto no Processo Produtivo na Volkswagen Autoeuropa,” 2011.

- [16] V. E. Sower, R. Quarles, and E. Broussard, "Cost of quality usage and its relationship to quality system maturity," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 24, no. 2, pp. 121–140, 2007.
- [17] T. Holota, J. Hrubec, M. Kotus, M. Holienčinová, and E. Caposová, "The management of quality costs analysis model," *Serbian J. Manag.*, vol. 11, no. 1, pp. 119–127, 2016.
- [18] R. B. Austenfeld, "The Cost of Quality — A Primer," *Society*, 2005.

Anexo A – Tabelas referentes à Bacia One Suspensa

No anexo A estão presentes todas as tabelas auxiliares para os cálculos dos diferentes valores necessários para o custo da não qualidade na Bacia One Suspensa.

Outubro:

Tabela A. 1 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Outubro.

Tabela 7.12 – Retoques recebidos, enviados para armazém e quebras no mês de Outubro.							
		Escolhidas		Armazém		Quebras	
		Retoques a frio		Retoques a frio		Retoques a frio	
Retoques a quente		0	1	0	1	0	1
	0	49	83	15	60	33	1
	1	63	2	0	0	0	0
	2	1	-	0	-	0	-

Tabela A. 2 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Outubro.

Tabela 7.1.2 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Outubro.							
		% Conformes		% Quebras		% Peças a transitar	
		Retoques a frio		Retoques a frio		Retoques a frio	
Retoques a quente		0	1	0	1	0	1
	0	30,6	72,3	67,3	1,2	2	26,5
	1	0	0	0	0	100	100
	2	0	-	0	-	100	-

Tabela A.3 – Custo totais de não qualidade no mês de Outubro.

Retoques a quente	Retoques a frio		
		0	1
	0	1 597,20 €	226,31 €
	1	567,00 €	22,39 €
	2	18,20 €	-

Tabela A.4 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
6	2	4	97,97

Novembro:

Tabela A. 5 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Novembro.

Tabela A.1.3 – Retoques escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Novembro.							
Retoques a quente	Escolhidas			Armazém		Quebras	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	72	102	43	69	28	0
	1	77	1	4	1	0	0

Tabela A. 6 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Novembro.

Retoques a quente	% Conformes			% Quebras		% Peças a transitar	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	59,7	67,6	38,9	0	1,4	32,4
	1	5,2	100	0	0	94,8	0

Tabela A.7 – Custo totais de não qualidade no mês de Novembro.

Retoques a frio			
Retoques a quente		0	1
	0	1 355,20 €	217,48 €
	1	693,78 €	11,39 €

Tabela A.8 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
41	15	36	734,01

Dezembro:

Tabela A. 9 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Dezembro.

Retoques a quente	Escolhidas			Armazém		Quebras	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	39	54	30	40	9	0
	1	73	-	0	-	0	-

Tabela A. 10 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Dezembro.

Retoques a quente	% Conformes			% Quebras		% Peças a transitar	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	76,9	74,1	23,1	0	0	25,9
	1	0	-	0	-	100	-

Tabela A.11 – Custo totais de não qualidade no mês de Dezembro.

Retoques a frio			
Retoques a quente		0	1
	0	435,60 €	115,81 €
	1	657,00 €	-

Tabela A.12 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
40	19	21	927,41

Janeiro:

Tabela A. 13 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Janeiro.

	Escolhidas				Armazém			Quebras		
	Retoques a frio				Retoques a frio			Retoques a frio		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2
Retoques a quente	0	61	37	1	14	15	0	45	1	0
	1	54	1	-	0	0	-	1	0	-

Tabela A. 14 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Janeiro.

	% Conformes				% Quebras			% Peças a transitar		
	Retoques a frio				Retoques a frio			Retoques a frio		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2
Retoques a quente	0	23	40,5	0	73,8	2,7	0	3,3	56,8	100
	1	0	0	-	1,9	0	-	98,1	100	-

Tabela A.15 – Custo totais de não qualidade no mês de Janeiro.

Retoques a frio				
Retoques a quente		0	1	2
	0	2 178,00 €	125,53 €	4,20 €
	1	534,60 €	11,20 €	-

Tabela A.16 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
33	0	33	6,45

Fevereiro:

Tabela A. 17 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Fevereiro.

	Escolhidas				Armazém			Quebras		
	Retoques a frio				Retoques a frio			Retoques a frio		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2
Retoques a quente	0	101	112	1	35	71	0	63	1	1
	1	97	1	-	26	0	-	12	0	-

Tabela A. 18 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Fevereiro.

Tabela 7: 10 - Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Fevereiro										
Retoques a quente	% Conformes				% Quebras			% Peças a transitar		
	Retoques a frio				Retoques a frio			Retoques a frio		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2
	0	34,7	63,4	0	62,4	0,9	100	3	35,7	0
1	26,8	0	-	12,4	0	-	60,8	100	-	

Tabela A.19 – Custo totais de não qualidade no mês de Fevereiro.

Retoques a frio				
Retoques a quente		0	1	2
	0	3 049,20 €	286,46 €	52,79 €
	1	1 461,22 €	11,20 €	-

Tabela A.20 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
51	7	44	348,76

Março:

Tabela A. 21 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Março.

Tabela A: 21 Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de março.							
		Escolhidas		Armazém		Quebras	
		Retoques a frio		Retoques a frio		Retoques a frio	
Retoques a quente		0	1	0	1	0	1
	0	167	164	52	111	115	8
	1	90	4	1	0	0	0
	2	2	-	0	-	0	-

Tabela A. 22 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Março.

Tabela 7: 22 - Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de março:							
		% Conformes		% Quebras		% Peças a transitar	
		Retoques a frio		Retoques a frio		Retoques a frio	
Retoques a quente		0	1	0	1	0	1
	0	31,1	67,7	68,9	4,9	0	27,4
	1	1,1	0	0	0	98,9	100
	2	0	-	0	-	100	-

Tabela A.23 – Custo totais de não qualidade no mês de Março.

Retoques a frio			
Retoques a quente		0	1
	0	5 566,96 €	736,95 €
	1	810,20 €	44,78 €
	2	36,39 €	-

Tabela A.24 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	quebras	Armazém	Preço (€)
39	10	29	491,70

Na Tabela A.25 apresenta-se a incidência dos defeitos, assim como a percentagem relativa de cada um entre Outubro e Março para a bacia One suspensa.

Tabela A.25 – Incidência dos defeitos e as percentagens relativas.

Defeito	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Total	%
30	59	92	74	82	207	266	780	0,48
31	83	111	59	50	62	47	412	0,25
32	7	9	12	5	12	17	62	0,04
33	1	6	2	5	5	3	22	0,01
34	0	0	0	0	0	0	0	0,00
35	0	0	0	0	0	0	0	0,00
36	3	0	0	0	2	30	35	0,02
37	3	1	3	10	1	3	21	0,01
38	0	0	0	0	0	0	0	0,00
39	0	0	0	0	0	0	0	0,00
40	0	1	0	0	1	1	3	0,00
41	7	18	7	5	9	6	52	0,03
42	1	0	0	0	0	0	1	0,00
43	1	0	0	0	0	0	1	0,00
44	2	0	1	0	1	3	7	0,00
45	0	0	0	0	0	0	0	0,00
46	0	0	0	0	0	0	0	0,00
47	0	0	0	0	0	0	0	0,00
48	2	1	2	0	0	0	5	0,00
49	0	0	0	0	0	0	0	0,00
50	1	0	0	0	0	1	2	0,00
51	0	0	0	0	0	0	0	0,00
52	0	0	0	0	0	0	0	0,00
53	0	0	0	0	0	0	0	0,00
54	0	0	0	0	0	0	0	0,00
55	0	0	0	0	0	0	0	0,00
56	0	0	1	1	0	0	2	0,00
57	0	0	0	0	0	0	0	0,00
58	0	6	4	1	5	8	24	0,01
60	2	3	4	3	3	8	23	0,01
61	6	4	7	8	7	5	37	0,02
62	6	3	1	5	13	28	56	0,03
63	0	0	0	0	0	0	0	0,00

64	0	0	0	0	0	0	0	0,00
65	3	0	0	0	0	0	3	0,00
66	0	0	0	0	0	0	0	0,00
67	0	0	0	0	0	0	0	0,00
68	0	0	0	0	0	0	0	0,00
69	3	1	0	0	0	1	5	0,00
70	0	0	0	0	0	0	0	0,00
71	0	0	0	0	0	0	0	0,00
72	0	0	0	0	0	0	0	0,00
73	0	0	0	0	0	0	0	0,00
74	0	0	1	0	1	0	2	0,00
75	0	0	0	0	0	0	0	0,00
80	3	0	0	0	1	0	4	0,00
81	0	0	0	0	0	0	0	0,00
82	0	2	0	2	2	0	6	0,00
83	0	1	0	1	1	1	4	0,00
84	0	0	1	1	0	0	2	0,00
85	0	0	0	0	0	0	0	0,00
86	0	0	0	0	0	0	0	0,00
87	0	0	0	0	0	0	0	0,00
88	0	0	0	0	0	0	0	0,00
90	0	0	0	0	0	0	0	0,00
91	0	0	0	0	0	0	0	0,00
92	1	2	2	0	0	0	5	0,00
93	10	3	8	3	13	7	44	0,03
94	0	1	1	0	0	0	2	0,00
95	0	0	0	0	0	0	0	0,00
96	0	0	0	0	0	0	0	0,00
97	2	0	1	0	0	0	3	0,00
99	0	0	0	0	0	0	0	0,00

Anexo B – Tabelas referentes à Base de chuveiro Luca

No anexo B estão presentes todas as tabelas auxiliares para os cálculos dos diferentes valores necessários para o custo da não qualidade na Base Luca 80*140cm.

Outubro:

Tabela B. 1 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Outubro.

Retoques a quente	Escolhidas			Armazém		Quebras	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	3	1	3	1	0	0
	1	5	-	2	-	0	-

Tabela B. 2 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Outubro.

Retoques a quente	% Conformes			% Quebras		% Peças a transitar	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	100	100	0	0	0	0
	1	40	-	0	-	60	-

Tabela B.3 – Custo totais de não qualidade no mês de Outubro.

Retoques a quente	Retoques a frio		
		0	1
	0	- €	2,20 €
	1	45,39 €	-

Tabela B.4 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
15	0	15	2,93

Novembro:

Tabela B. 5 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Novembro.

Retoques a quente	Escolhidas		Armazém		Quebras	
	Retoques a frio		Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	0		0	
	0	5	3		2	
	1	6	0		0	

Tabela B. 6 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Novembro.

Retoques a quente	% Conformes		% Quebras	% Peças a transitar
	Retoques a frio		Retoques a frio	Retoques a frio
		0	0	0
	0	60	40	0
	1	0	0	100

Tabela B.7 – Custo totais de não qualidade no mês de Novembro.

Retoques a frio		
Retoques a quente		0
	0	182,79 €
	1	54,00 €

Tabela B.8 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
1	0	1	0,20

Dezembro:

Tabela B. 9 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Dezembro.

Retoques a quente	Escolhidas		Armazém	Quebras
	Retoques a frio		Retoques a frio	Retoques a frio
		0	0	0
	0	4	3	1
	1	5	1	0
	2	1	0	0

Tabela B. 10 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Dezembro.

Retoques a quente	% Conformes		% Quebras	% Peças a transitar
	Retoques a frio		Retoques a frio	Retoques a frio
		0	0	0
	0	75	25	0
	1	20	0	80
	2	0	0	100

Tabela B.11 – Custo totais de não qualidade no mês de Dezembro.

Retoques a frio		
Retoques a quente		0
	0	91,40 €
	1	45,20 €
	2	18,00 €

Tabela B.12 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
3	1	2	91,98

Janeiro:

Tabela B. 13 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Janeiro.

Escolhidas		Armazém	Quebras
Retoques a frio		Retoques a frio	Retoques a frio
Retoques a quente		0	0
	0	11	4
	1	14	6
	2	2	0

Tabela B. 14 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Janeiro.

% Conformes		% Quebras	% Peças a transitar
Retoques a frio		Retoques a frio	Retoques a frio
Retoques a quente		0	0
	0	36,4	63,6
	1	42,9	21,4
	2	0	0

Tabela B.15 – Custo totais de não qualidade no mês de Janeiro.

Retoques a frio		
Retoques a quente		0
	0	639,77 €
	1	401,94 €
	2	36,00 €

Tabela B.16 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
2	0	2	0,39

Fevereiro:

Tabela B. 17 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Fevereiro.

Retoques a quente	Escolhidas			Armazém		Quebras	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	3	1	3	1	0	0
	1	13	-	5	-	5	-

Tabela B. 18 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Fevereiro.

Retoques a quente	% Conformes			% Quebras		% Peças a transitar	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	100	100	0	0	0	0
	1	38,5	-	38,5	-	23,1	-

Tabela B.19 – Custo totais de não qualidade no mês de Fevereiro.

Retoques a frio			
Retoques a quente		0	1
	0	- €	2,20 €
	1	574,95 €	-

Tabela B.20 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
20	6	14	3,91

Março:

Tabela B. 21 – Peças escolhidas, enviadas para armazém e quebras no mês de Março.

Retoques a quente	Escolhidas			Armazém		Quebras	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	7	1	6	1	0	0
	1	7	-	2	-	1	-

Tabela B. 22 – Percentagens de conformes, quebras e peças a transitar no mês de Março.

Retoques a quente	% Conformes			% Quebras		% Peças a transitar	
	Retoques a frio			Retoques a frio		Retoques a frio	
		0	1	0	1	0	1
	0	85,7	100	0	0	14,3	0
	1	28,6	-	14,3	-	57,1	-

Tabela B.23 – Custo totais de não qualidade no mês de Março.

Retoques a frio			
Retoques a quente		0	1
	0	- €	2,20 €
	1	154,79 €	-

Tabela B. 24 – Custos associados dos meses anteriores.

Escolhas	Quebras	Armazém	Preço (€)
6	1	5	1,17

Na Tabela B.25 apresenta-se a incidência dos defeitos, assim como a percentagem relativa de cada um entre Outubro e Março para a base de chuveiro Luca.

Tabela B.25 – Incidência dos defeitos e as percentagens relativas.

Defeito	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Total	%
30	1	1	8	9	9	5	33	0,15
31	2	5	4	4	26	21	62	0,28
32	0	0	0	2	3	4	9	0,04
33	0	0	0	0	0	0	0	0,00
34	0	0	0	0	0	0	0	0,00
35	0	0	0	0	0	0	0	0,00
36	0	0	0	0	0	0	0	0,00
37	0	0	0	0	0	0	0	0,00
38	0	0	0	0	0	0	0	0,00
39	0	0	0	0	0	0	0	0,00
40	0	0	0	0	0	0	0	0,00
41	1	1	3	0	3	3	11	0,05
42	0	0	0	0	0	0	0	0,00
43	0	0	0	0	0	0	0	0,00
44	0	0	0	0	0	0	0	0,00
45	0	0	0	0	0	0	0	0,00
46	0	0	0	0	0	0	0	0,00
47	0	0	0	0	0	0	0	0,00
48	0	0	0	0	1	1	2	0,01
49	0	0	0	0	0	0	0	0,00
50	0	0	0	0	1	0	1	0,00

51	0	0	0	0	0	0	0	0,00
52	0	0	0	0	0	0	0	0,00
53	0	0	0	0	0	0	0	0,00
54	0	0	0	0	0	0	0	0,00
55	0	0	0	0	0	0	0	0,00
56	0	0	0	0	0	0	0	0,00
57	0	0	0	0	0	0	0	0,00
58	0	0	0	0	0	2	2	0,01
60	7	5	6	10	22	13	63	0,28
61	0	0	0	4	4	6	14	0,06
62	0	0	0	0	0	0	0	0,00
63	0	0	0	0	0	0	0	0,00
64	0	0	0	0	0	0	0	0,00
65	0	0	0	0	0	0	0	0,00
66	0	0	0	0	0	0	0	0,00
67	0	0	0	0	0	0	0	0,00
68	0	0	0	0	0	0	0	0,00
69	0	0	0	0	0	0	0	0,00
70	0	0	0	0	0	0	0	0,00
71	0	0	0	0	0	0	0	0,00
72	0	0	0	0	0	0	0	0,00
73	0	0	0	0	0	0	0	0,00
74	0	0	0	1	0	0	1	0,00
75	0	0	0	0	0	0	0	0,00
80	1	0	1	1	1	2	6	0,03
81	0	0	1	0	0	0	1	0,00
82	0	2	0	0	3	5	10	0,04
83	0	0	0	0	0	0	0	0,00
84	0	0	0	0	0	0	0	0,00
85	0	0	0	0	0	0	0	0,00
86	0	0	0	0	0	0	0	0,00
87	0	0	0	0	0	0	0	0,00
88	0	0	0	0	1	1	2	0,01
90	0	0	0	0	0	0	0	0,00
91	0	0	0	0	0	0	0	0,00
92	2	1	1	0	0	2	6	0,03
93	0	0	0	0	0	0	0	0,00
94	0	0	0	0	0	0	0	0,00
95	0	0	0	0	0	0	0	0,00
96	0	0	0	0	0	0	0	0,00
97	0	0	0	0	0	1	1	0,00
99	0	0	0	0	0	0	0	0,00

Anexo C – Custos da não qualidade das peças analisadas

No anexo C estão presentes os custos totais de não qualidade de todas as peças analisadas.

Tabela C.1 – Custos totais de não qualidade das peças analisadas.

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Bacias	2 529,07 €	3 011,86 €	2 135,83 €	2 859,96 €	5 209,63 €	7 686,98 €
	959,06 €	2 407,79 €	1 793,57 €	920,47 €	1 107,19 €	106,66 €
	2 657,02 €	4 574,41 €	5 827,78 €	5 480,47 €	4 826,64 €	4 727,98 €
	7 902,07 €	9 761,31 €	7 387,67 €	8 675,70 €	7 898,34 €	7 586,65 €
	480,97 €	603,39 €	1 056,83 €	1 691,67 €	3 434,17 €	4 164,53 €
	7 930,96 €	4 706,38 €	3 823,84 €	7 620,24 €	5 649,37 €	4 862,01 €
	593,84 €	881,74 €	58,84 €	1 888,19 €	1 410,72 €	311,37 €
	1 285,27 €	2 408,93 €	2 972,38 €	3 154,40 €	4 104,10 €	4 545,66 €
	2 998,42 €	2 301,78 €	1 803,20 €	1 723,31 €	1 136,26 €	- €
	1 492,46 €	1 209,13 €	1 598,76 €	1 538,62 €	2 178,07 €	4 121,19 €
Lavatórios	461,84 €	576,86 €	465,86 €	655,24 €	1 202,36 €	997,63 €
	1 365,14 €	562,26 €	1 251,50 €	1 111,64 €	4 014,96 €	1 687,87 €
	1 690,12 €	367,15 €	1 225,19 €	174,28 €	9 495,69 €	798,97 €
	- €	0,39 €	463,00 €	1 824,41 €	2 240,36 €	1 630,14 €
	217,32 €	527,60 €	615,76 €	328,48 €	929,46 €	1 046,65 €
	- €	413,80 €	366,71 €	1 288,30 €	2 084,39 €	584,09 €
	- €	249,37 €	406,26 €	379,53 €	147,51 €	602,63 €
	- €	379,93 €	681,35 €	578,47 €	1 438,52 €	- €
bidés	553,58 €	383,06 €	169,14 €	58,17 €	914,73 €	486,76 €
	1 060,01 €	1 087,76 €	1 720,08 €	2 353,20 €	2 023,79 €	1 378,81 €
	0,39 €	35,59 €	417,37 €	361,27 €	497,17 €	962,45 €
	1 686,59 €	1 052,68 €	428,16 €	428,16 €	474,75 €	578,73 €
Bases	2 787,48 €	2 358,50 €	597,58 €	725,15 €	2 112,92 €	1 203,79 €
	761,43 €	248,97 €	950,46 €	629,48 €	1 252,13 €	899,85 €
	928,08 €	1 027,27 €	1 589,84 €	1 046,20 €	712,37 €	1 573,80 €
	907,51 €	590,86 €	1 259,40 €	959,30 €	873,30 €	352,69 €
	1 106,19 €	855,58 €	1 641,64 €	1 061,83 €	668,31 €	735,18 €
	50,52 €	236,99 €	246,57 €	1 078,10 €	581,05 €	158,15 €
	139,65 €	143,65 €	439,03 €	718,19 €	498,52 €	708,60 €
Urinóis	2 390,16 €	1 162,66 €	384,65 €	1 502,21 €	1 831,94 €	914,70 €
	377,89 €	208,04 €	110,49 €	101,49 €	384,08 €	1 295,41 €
	247,66 €	603,90 €	370,69 €	206,49 €	277,18 €	76,79 €
Total	45 560,69 €	44 939,59 €	44 259,42 €	53 122,63 €	71 610,00 €	56 786,72 €