

A APLICAÇÃO DA PROPORÇÃO ÁUREA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Leonardo Paes Leme Bedeschi (FEAMIG) leonardo@lider.com
Lucinea do Amaral (FEAMIG) lucinea.amaral@feamig.br
Wilson José Vieira da Costa (FEAMIG) wilsoncosta@feamig.br

Resumo: Neste trabalho estudou-se qual a possibilidade de aplicação da Proporção Áurea no desenvolvimento de produtos. Durante vários séculos foi verificada a existência da Proporção Áurea em vários elementos da natureza, nos seres vivos, e aplicados em vários projetos arquitetônicos, obras-de-arte e até em estética facial. Devido ao desconhecimento da existência de tal Proporção em aplicações relacionadas a Engenharia de Produção, este trabalho objetiva verificar a existência da Proporção Áurea na área de telefonia móvel celular para a aplicação e verificação da Proporção. Ao final do trabalho conclui-se que se pode utilizar a Proporção Áurea para desenvolver produtos e facilitar assim sua aceitação no mercado, ou até fazer com que tal Proporção se torne uma vantagem competitiva na área de desenvolvimento de produtos na Engenharia de Produção.

Palavras chaves: Desenvolvimento de Produtos; Diferencial Competitivo; Proporção Áurea.

1. Introdução

Há muito tempo os matemáticos e outros interessados vêm desenvolvendo estudos a respeito da Proporção Áurea. Tal proporção matemática é encontrada na natureza, nos homens, nos animais e desperta o interesse de vários quanto a sua origem e surgimento.

Com o avanço tecnológico e o avanço de novos produtos em um mundo cada vez mais globalizado, os diferenciais ou valores agregados aos produtos, são fatores fundamentais para o sucesso ou insucesso de um novo lançamento.

Com a necessidade ou melhoria na vantagem competitiva de novos produtos, a Proporção Áurea pode ser uma grande diferencial, se aplicado na estrutura de produtos. Os estudos desenvolvidos no decorrer do trabalho visam explorar ao máximo a Proporção Áurea e suas aplicações realizadas pelo homem com o passar dos tempos e como tal proporção pode ser útil para a diferenciação de produtos nos tempos atuais.

Nesse contexto, o presente estudo objetiva verificar os casos de sucesso da aplicação da Proporção Áurea no mundo nas mais diversas áreas, e posteriormente verificar a existência da referida Proporção na Engenharia de produção.

Os resultados apontam a inexistência ou ocultação da aplicação da Proporção Áurea no processo de desenvolvimento de produtos e os resultados de aplicações finais, onde testou-se a aplicação da Proporção no desenvolvimento de aparelhos celulares, verificou-se a possibilidade de aplicação da mesma no desenvolvimento de novos produtos.



2. Problema de Pesquisa

Em um mercado competitivo e cada vez mais globalizado no mundo, verifica-se que os diferenciais são fundamentais para que o cliente se sensibilize e escolha pelo produto que mais o agrade. Diante de estudos realizados pode-se verificar que na área de desenvolvimento de produtos, existem vários recursos de diversificação de produtos buscando atingir os consumidores de forma abrangente. Como os estudos apontam para uma inexistência da aplicação da Proporção Áurea em processos de desenvolvimentos de produtos, propõem-se tal aplicação para que possa ser mais um diferencial de mercado, pois tal aplicação está ligada ao belo e ao harmônico.

Diante de tais informações, foi formulado o seguinte questionamento: quais são as possibilidades de aplicação da Proporção Áurea em processos de desenvolvimento de novos produtos?

3. Objetivo

Investigar as possibilidades de aplicação matemática da Proporção Áurea em desenvolvimento de produtos, testando tais aplicações em aparelhos celulares de maior aceitação no mercado mundial.

3.1 Objetivos específicos:

Elaborar uma revisão de literatura sobre a Proporção Áurea e suas diversas aplicações na humanidade.

Identificar os produtos de grande participação de mercado em venda de telefones celulares no mundo e verificar a aplicabilidade da Proporção Áurea nos mesmos.

Propor a aplicação da Proporção Áurea em estudos de desenvolvimento de produtos na Engenharia de Produção, sendo assim um diferencial no mercado.

4. Justificativa e relevância do tema:

A Proporção Áurea existente em vários elementos da natureza, nos seres vivos, e aplicados em vários projetos arquitetônicos, talvez, possa ser aplicada no desenvolvimento de novos produtos e ser apresentada ao mercado como diferencial competitivo. Tal desenvolvimento pode ser fundamental para se obter uma estrutura ou um projeto mais próximo da perfeição matemática possível. Todo ser vivo têm mais facilidade de se adaptar ao que é mais parecido com ele próprio, sendo o corpo humano proporcional geometricamente (Proporção Áurea), pode-se usar a mesma proporção para desenvolver produtos e facilitar assim sua aceitação no mercado, ou até fazer com que tal Proporção se torne uma vantagem competitiva na área de Engenharia de Produção.

5. Contextualização

5.1 A Proporção Áurea e o Desenvolvimento de Produtos

Objetivando um melhor entendimento sobre do que se trata a Proporção Áurea, o que é, onde surgiu e como é aplicada nos vários seguimentos da estética, engenharia, arquitetura e vários segmentos, será detalhada sua história e sua importância para a humanidade. Além disso será feita uma explicação sobre Desenvolvimento de Produtos e sua importância.

“A Geometria possui dois grandes tesouros: um é o Teorema de Pitágoras; o outro, a divisão de um segmento em média e extrema razão. Podemos comparar o primeiro a uma porção de ouro e o segundo a uma jóia preciosa”. (Kepler1571-1630)

O que existe de comum entre pinturas renascentistas, obras arquitetônicas clássicas, o corpo humano, a estrutura de plantas e a concha de um caramujo? Por mais surpreendente que possa ser, encontra-se tal resposta na geometria.

Os estudos sobre a Proporção Áurea começaram a mais de 2.500 anos atrás. Descoberto pelos pitagóricos na Grécia a Proporção Áurea também é conhecida por Razão Áurea. Tal proporção é equivalente a 1,6180339887... para 1. Tal número é chamado de Phi ou Fi, seu nome se dá devido ao nome de Fídeas, escritor e arquiteto do Partenon, recentemente vêm sendo chamado também de número de ouro. (FISCHER, 1993).

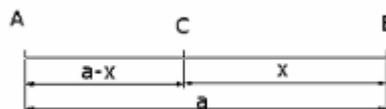
A Razão Áurea representa para os estudiosos a proporção mais agradável entre dois segmentos ou medidas. A Proporção Áurea é na verdade um número irracional que resulta de um quociente específico. Este número irracional é denotado pela letra grega φ (phi) e com o valor arredondado a três casas decimais de 1,618.

Por volta de 365 a.C. — 300 a.C, Euclides de Alexandria, elaborou a teoria da proporção áurea, estabelecendo que dois números estão em Proporção Áurea de $a/A = A/(a+A)$, onde $a < A$. Em 1496 o matemático Pacioli, escreveu um artigo intitulado De Divina Proportione, originando assim o nome Proporção Áurea. (HUNTLEY, 1985).

Pode-se observar a importância da Razão Áurea no desenvolvimento da humanidade. Essa proporção aparece na natureza, no comportamento da refração da luz, nos átomos, no crescimento das plantas, nos marfins de elefantes, nas ondas no oceano, nos furacões, e nas mais variadas aplicações do Universo. (HUNTLEY, 1985).

O matemático grego Endoxus estudou a teoria das proporções e chegou a constatar que essa razão era uma importante fonte para a estética, considerando o retângulo cujos lados apresentavam esta relação de harmonia. Tal triângulo foi chamado por Endoxus então, de retângulo áureo. Uma fundamental característica vem do fato de que se desenharmos um retângulo áureo, ele pode ser dividido num quadrado e em outro retângulo com a Proporção Áurea. Sendo desta forma, tal processo pode ser repetido indefinidamente sendo a razão constante mantida. (HUNTLEY, 1985).

Pode-se definir claramente a Proporção Áurea com a divisão de um segmento de reta em média e extrema razão. Ou seja, diz-se que o ponto C divide o segmento AB em média e extrema razão, se a razão entre o menor e o maior dos segmentos é igual à razão entre o maior e o segmento todo. Matematicamente, $\frac{AB}{BC} = \frac{BC}{AC}$. Podemos descrever da seguinte forma:

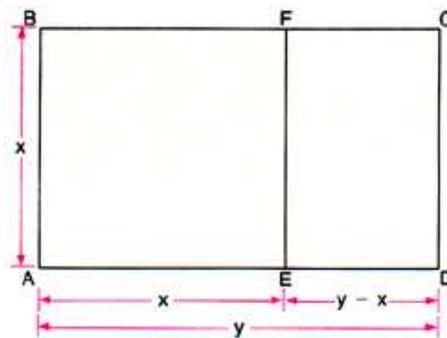


Desenho 1 – A divisão de uma reta em média e extrema razão.

Isto é, $\frac{a}{x} = \frac{x}{a-x}$.

Desta maneira temos $AC * Fi = CB$ e temos $CB * Fi = AB$. (HUNTLEY, 1985).

Devido ao objetivo demonstrativo do trabalho ser em aparelhos celulares, que sua estrutura se assemelha a um retângulo, será demonstrado abaixo, como é construído um retângulo áureo, ou seja, um retângulo com a Proporção Áurea.



Desenho 2 – Construção do retângulo áureo. Fonte: Lauro (2005).

De onde segue que $x^2 = y^2 - yx \Leftrightarrow x^2 + yx - y^2 = 0$

Resolvendo a equação de 2º grau, na incógnita $x > 0$.

$$X = \frac{-y + y\sqrt{5}}{2} \Leftrightarrow X = \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)Y \Leftrightarrow \frac{x}{y} = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$$

Se for invertida a razão entre os segmentos teremos: $\frac{y}{x} = \frac{\sqrt{5}+1}{2}$, ou seja, a divisão

do lado y pelo lado x é igual a $\frac{\sqrt{5}+1}{2}$. Resolvendo tal fração temos que $\sqrt{5} = 2,236067\dots$; e somado a 1 é igual a 3,236067... e dividido por 2 temos 1,61839887... que é o número Fi.

5.2 Exemplos de Proporções Áurea:

A Proporção Áurea que influenciou muito a arquitetura grega local de sua descoberta, e foi muito utilizada, por exemplo, no Parthenon; onde suas dimensões podiam ser encaixadas quase exatamente em um retângulo áureo. Mas não é apenas na arquitetura grega que a proporção áurea foi utilizada, mas sim em vários segmentos de criação e das mais diversas evoluções.

Inicialmente a atenção será focada nas evidências da Proporção Áurea que não foram criadas pelo homem, ou seja, todas as proporções existentes na natureza e no mundo, evidências essas que levaram a Proporção Áurea a ser chamada de Proporção Divina (HUNTLEY, 1985).

5.2.1 Proporção Áurea no ser humano:

Tendo como anfitrião Leonardo da Vinci no ano de 1490, a Proporção Áurea em seres humanos iniciou-se. Em seus estudos de Anatomia Da Vinci trabalhou com um modelo padrão para a forma de um ser humano, utilizando Vitruvius como modelo. Um dos desenhos mais famosos da história da humanidade, o Homem Vitruviano serviu como demonstração matemática para comprovar a Proporção Áurea dos seres humanos. Tais dimensões podem ser demonstradas figura abaixo. A notação $a:b=c:d$ é uma proporção. (FISCHER, 1993).

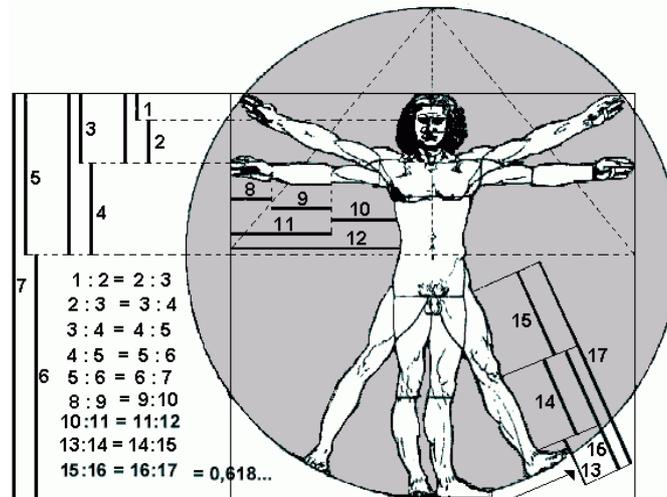


Figura 1 – Homem Vitruviano

Observa-se que na maioria das partes do corpo existem tais simetrias matemáticas. Pode se verificar como exemplo o braço do Homem Vitruviano que demonstra que a mão representada pelo número 8 multiplicada por Φ (1,6180339887), o resultado dará o valor equivalente ao número 9 o antebraço de Vitruvius. Prosseguindo pode-se verificar que os demais cálculos demonstrados na figura 1 apresentam a mesma proporção. A altura do corpo humano e a medida do umbigo até o chão. A altura do crânio e a medida da mandíbula até o alto da cabeça. A medida da cintura até a cabeça e o tamanho do tórax. A medida do ombro à ponta do dedo e a medida do cotovelo à ponta do dedo. O tamanho dos dedos e a medida da dobra central até a ponta. A medida do seu quadril ao chão e a medida do seu joelho até ao chão. (HUNTLEY, 1985).

Outro seqüenciador de estudos da Proporção Divina nos seres humanos foi o arquiteto francês Le Corbusier que desenvolveu um estudo a respeito no início do século XX. Tal estudo desenvolvido é a relação de medidas baseadas na divisibilidade do corpo humano em proporção harmônica de uma maneira mais detalhada.

Com o estudo citados sobre a Proporção Áurea no corpo humano, além de outros desenvolvidos, como por exemplo o de Le Corbusier, reafirma-se a existência da mesma.

5.2.2 Proporção Áurea nos animais e plantas:

Do mesmo modo que a Proporção Áurea está presente no corpo humano, pode-se observar a mesma proporção nos animais. A proporcionalidade nos animais varia de local

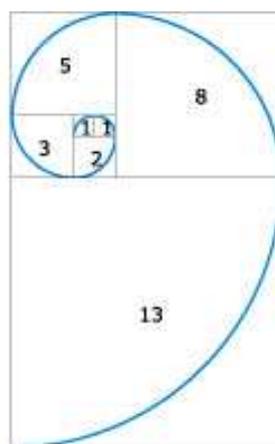
dependendo da espécie. Devido aos inúmeros exemplos encontrados na natureza, foca-se a atenção em alguns para elucidar melhor tal afirmação.

A espécie de concha *Nautilus Pompilius*, apresentada na figura 3, possui a Proporção Áurea demonstrada através de uma espiral logarítmica.



Figura 2 – Concha Nautilus Pompilus

Para verificar melhor tal proporção, tem-se dois quadrados de lado 1, conforme figura 4, um ao lado do outro. Obtém-se um retângulo 2×1 . Anexa-se a estes um quadrado de lado 2. Se obtém assim um retângulo 3×2 . Posteriormente, traça-se quadrados de lados 3, 5, 8, 13, 21, 34,...etc... anexando-os sempre aos retângulos obtidos.



Desenho 3 – Espiral Logarítmica

Com um compasso, faça-se a quarta parte de uma circunferência ligando os vértices opostos dos quadrados obtidos, cujos raios são respectivamente (...) 34, 21, 13, 8, 5, 3, 2, 1 e 1. Obtendo, assim, a espiral logarítmica, também conhecida por seqüência de Fibonacci. (FISCHER, 1993).



Figura 3 – Rosa vermelha

Observa-se a mesma Proporção Áurea dada por uma espiral logarítmica em várias espécies de plantas, como rosas, figura 3, nas pinhas, cactos, galáxias e várias outras.

5.2.3 Aplicações da Proporção Áurea pelo homem:

Com o passar dos anos, o homem começou a utilizar a Proporção Áurea para construir e inovar. Conforme cita Mário Lívio (2006), não se sabe ao certo aonde o homem projetou sua primeira aplicação da Razão Áurea, mas acredita-se que seja no Egito em uma pirâmide. Os principais destaques da humanidade, cuja suas construções foram realizadas através do número Φ são obras arquitetônicas e obras de arte. Exemplificando as principais, cita-se o *Parthenon*, situado no Monte Olimpo na Grécia, figura 4, construído por Phídeas sob retângulos cujos lados estão na razão áurea. (LÍVIO, 2006).



Figura 4 – Parthenon

A Proporção Áurea chamada por Leonardo Da Vinci (Séc. XV) de *Divina Proporção* foi usada várias vezes por ele e por vários outros artistas no renascentismo. Um sucesso mundial, o quadro *Monalisa*, foi pintado por Da Vinci em 1507 com a Proporção Áurea, além do quadro *Santa Ceia* e vários outros de sua autoria e de outros artistas renascentistas.

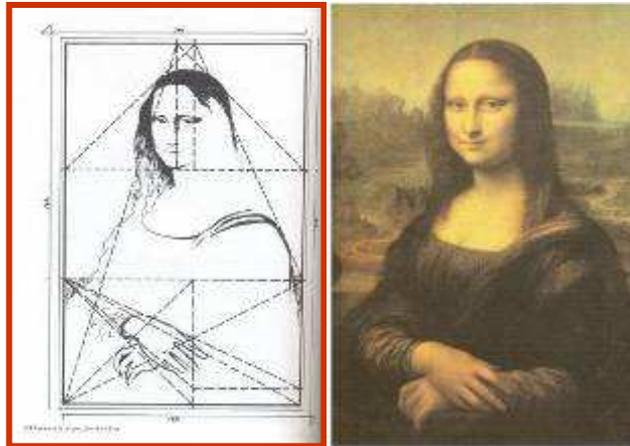


Figura 5 – Monalisa

Na Monalisa observa-se a Proporção Áurea em várias situações. Por exemplo, ao construir um retângulo em torno de seu rosto, pode-se ver que este possui a proporção do retângulo áureo. Pode-se também subdividir este retângulo usando a linha dos olhos para traçar uma reta horizontal e ter de novo a Proporção Áurea.

Outra área onde a aplicação da Proporção Áurea é fundamental para o sucesso é na odontologia. Vários especialistas da área utilizam tal Proporção para se obter uma arcada dentária perfeita, pois estudos comprovam que existe uma perfeita proporção no posicionamento dos dentes dentro da boca. (GIL, 2001).

6. Desenvolvimento de Produtos:

O desenvolvimento de produtos tem se tornado um dos principais processos para a competitividade no mercado. Movimentos de aumento da concorrência, rápidas mudanças tecnológicas, diminuição do ciclo de vida dos produtos e maior exigência por parte dos consumidores exigem das empresas além de qualidade, diferenciações constantes de produtos.

As decisões entre alternativas no início do ciclo de desenvolvimento são responsáveis por 85% do custo do produto final segundo Rozenfeld (2006). O custo de modificação aumenta ao longo do ciclo de desenvolvimento, pois a cada mudança, um número maior de decisões já tomadas podem ser invalidadas. Devido a isso verificamos que a decisão correta é fundamental para a viabilidade financeira de um novo produto. (ROZENFELD, 2006).

Quanto mais fatores avaliados para se desenvolver um novo produto, ou quanto mais fatores significativos existirem para se usar como diferencial, melhores serão as chances de se obter êxito nas vendas de tal produto. A aplicação da Proporção Áurea no formato ou design de produtos pode ser um diferencial significativo.

6.1 Caracterização sobre o segmento de telefones celulares:

Em um mercado cada dia mais competitivo, os telefones celulares são substituídos cada vez mais rápidos por outros mais avançados ou com designer diferenciado. Em atenção à essa demanda, sabe-se que vários são os fatores que levam o consumidor escolher o produto

A ou B. Dentre os vários itens que são pesquisados no mercado segundo algumas fábricas de aparelhos, nenhuma delas menciona a Proporção Áurea.

6.2 Os produtos de maior participação de mercado mundial na área de celulares:

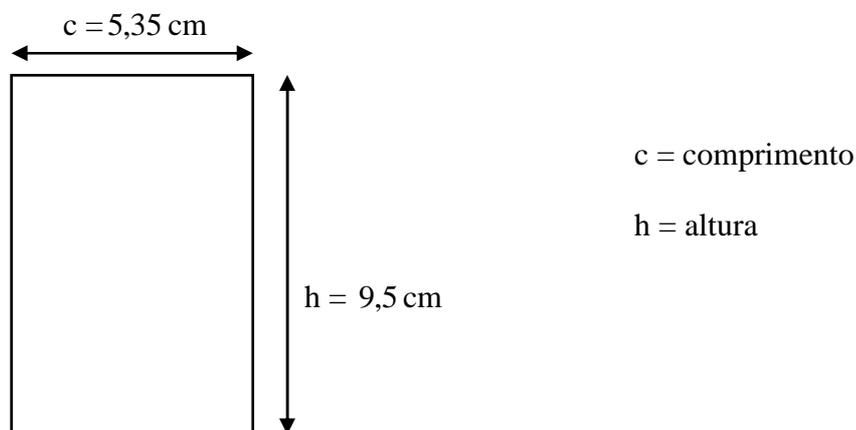
Objetivando desenvolver um estudo em aparelhos celulares de maior aceitação do mercado mundial, foram escolhidos dez modelos de aparelhos de acordo com sua aceitação no mercado e vendas. Foi divulgada uma lista com os 10 aparelhos celulares mais vendidos em 2007 no mundo. Segundo a pesquisa realizada pela Mobile Whack, os aparelhos mais vendidos foram:

1. Motorola V3
2. BlackBerry Pearl
3. LG Chocolate
4. Samsung A900M
5. Motorola i850
6. Motorola Buzz ic502
7. Sanyo Katana
8. Sony Ericsson w810i
9. Nokia 5300 XpressMusic
10. Motorola V325i

Fonte: (MOBILEWHACK, 2007)

No estudo que se inicia verifica-se apenas a forma geométrica dos aparelhos, a fim de se obter uma comparação dimensional dos mesmos com um retângulo áureo, uma vez que o retângulo é a forma mais aproximada de um celular. Devido a tal objetivo desprezam-se assim cores, tecnologia e acessórios dos aparelhos selecionados.

Os dados buscados serão retirados conforme demonstração abaixo. O exemplo de obtenção dos dados, é a forma geométrica básica (retângulo) do aparelho celular vista frontal, e possui as medidas do primeiro aparelho a ser estudado que é o Motorola V3. Os dados serão coletados em todos os aparelhos selecionados da mesma forma.



Desenho 4 - Forma geométrica do aparelho celular Motorola V3. (Fonte: O autor)

7. Cálculos e demonstração da Proporção geométrica de telefones celulares e a aplicação da Proporção Áurea à estrutura de aparelhos:

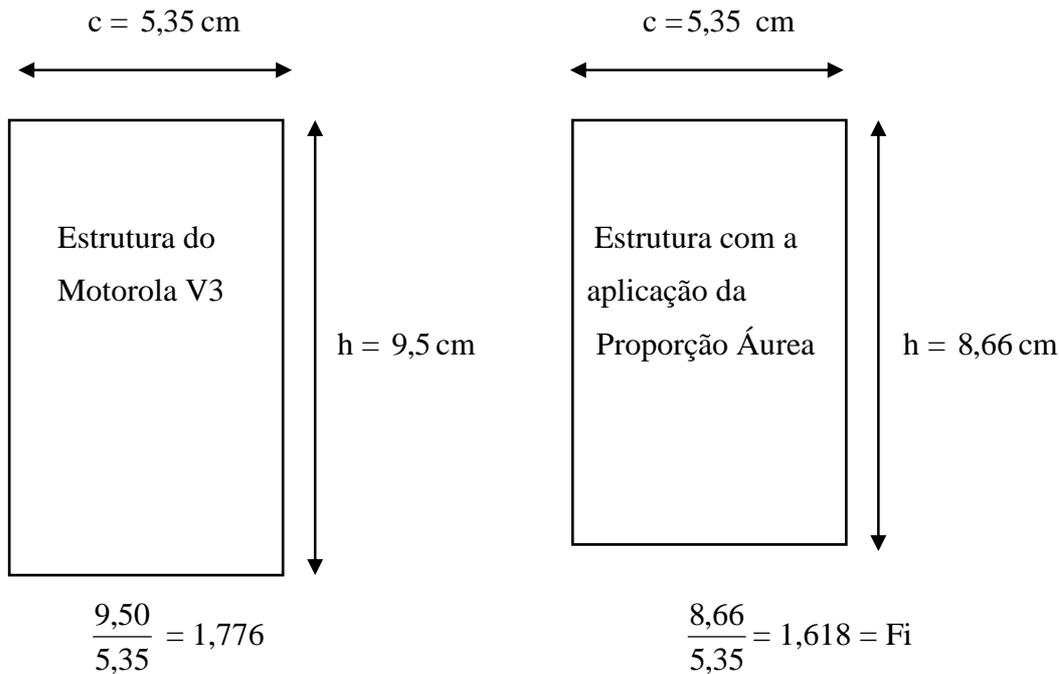
Tabela 1 – Pesquisa comparativa de dimensões de aparelhos celulares e aproximação com a Proporção Áurea.

Dados do aparelho	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Proporção $\text{Altura} \div \text{Comprimento (cm)}$	Valor Excedido da Proporção em relação à Proporção Áurea (%)
<u>Modelos:</u>				
Motorola V3	5,350	9,500	1,776	9,765
Black Berry Pearl	5,000	10,700	2,140	32,262
LG Chocolate	4,800	9,700	2,021	24,907
Samsung A900 M	5,000	10,700	2,140	32,262
Motorola i850	5,000	8,800	1,760	8,776
Motorola Buzz ic502	4,860	9,100	1,872	15,698
Sanyo Katana	4,800	9,400	1,958	21,014
Sony Ericsson W 810i	4,600	10,000	2,174	34,363
Nokia 5300	4,900	9,100	1,857	14,771
Motorola V325i	5,600	9,900	1,768	9,270

Conforme verificado na tabela, os aparelhos em estudo possuem suas proporções aproximadas com a Proporção Áurea. Pode-se verificar que os aparelhos que foram sucesso de vendas no Brasil possuem uma aproximação significativa da Proporção Áurea, ou seja, o número apresentado na coluna Proporção na tabela deve ser mais próximo possível de Φ (1,618). Em evidência verifica-se que um dos aparelhos que obteve o melhor resultado foi o Motorola V3, cuja Proporção excede apenas 9,765% o valor da Proporção Áurea. Notoriamente, as pesquisas mostraram que o aparelho Motorola V3 foi um dos mais vendidos no Brasil e no mundo em 2007. Verifica-se então mais um caso de sucesso que envolve, mesmo que não exatamente, a Proporção Áurea.

7.1. Demonstração comparativa dos modelos com a aplicação da Proporção Áurea:

Objetivando confrontar o formato do aparelho líder de mercado com grande aproximação da Proporção, com um formato com a Proporção Áurea exata, segue um desenho com tal confronto em desenhos em escala real.



Desenho 5 - Forma geométrica do aparelho celular Motorola V3 comparado com uma forma geométrica com a Proporção Áurea aplicada.

7.2. Proposta de aplicação da Proporção Áurea no Desenvolvimento de produtos na Engenharia de Produção

Devido aos inúmeros casos de sucesso de aplicação da Proporção Áurea em vários segmentos que vão desde à arquitetura com a Pirâmide de Gizé, e com o Parthenon até a estética craniofacial utilizada recentemente. Tal aplicação proporcional que foi sucesso absoluto nas pinturas renascentistas de Da Vinci e que se apresenta em todos os seres vivos e em várias aplicações famosas pela perfeição, harmonia e simetria pode ser aplicada na estrutura de produtos. Com base nos estudos e evidências apresentadas, proponho a aplicação de tal Proporção no design de novos produtos, criando-se assim um diferencial que poderá alcançar sucesso em novos lançamentos. Tal aplicação pode ser utilizada no desenvolvimento de diversos produtos, sendo assim um fator determinístico no lançamento e conseqüentemente no sucesso de um novo produto.



Conclusão

Conclui-se que a Proporção Áurea pode ser utilizada com sucesso no desenvolvimento de novos produtos sendo assim um diferencial no mercado cada vez mais competitivo. Tal afirmação é feita com base nas aplicações de sucesso da Proporção Áurea em vários segmentos e também na pesquisa com telefones celulares.

Finalizando, afirmo que a Proporção Áurea pode ser utilizada no segmento de desenvolvimento de produtos, e ser usada no design, fazendo com que o produto tenha um aspecto mais agradável aos olhos, despertando assim um maior interesse do ser humano. Além disso, será mais um diferencial para que a empresa se torne mais competitiva, e possa desenvolver novos produtos “atraentes” perante os olhos do consumidor, visto que a Proporção Áurea está associada ao belo.

Referências

- CHENG, Lin C., Caracterização da Gestão de Desenvolvimento do Produto: Delineando o seu Contorno e Dimensões Básicas. Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- FISCHER, Robert, Fibonacci Applications and Strategies for Traders, Editora John Wiley & Sons, 1993.
- GHYKA, Matila C., El Número de Oro, Editorial Poseidón, 1968.
- GIL, Cássia T. L. de Alcântara, Proporção Áurea Craniofacial, Editora Santos, 2001.
- HUNTLEY, H. E. A Divina Proporção - Um Ensaio sobre a Beleza na Matemática. Brasília : Editora Universidade de Brasília, 1985.
- LAURO, Maira M., A razão áurea e os padrões harmônicos na natureza, artes e arquitetura. Editora Exacta, São Paulo, 2005.
- LÍVIO, Mário, Razão Áurea – A História de Fi, um número surpreendente, Editora Record, 2006.
- PACIOLI, Luca, La Divina Proporción, Editorial Losada-Buenos Aires, 1946.
- PHILLIPS, Cynthia, *Da Vinci* – 101 segredos do maior gênio da humanidade, Editora Alegro, 2006.
- ROZENFELD, H., Modelo de Referência para o Desenvolvimento Integrado de Produtos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Gramado, RS. UFRGS, 1997.
- Os 10 celulares mais vendidos em 2007. Disponível em <http://www.mobilewhack.com/wireflys-10-best-selling-cell-phones-of-spring-2007>; Acesso em 30 Nov. 2008.