

# OTIMIZAÇÃO DE TAMANHO DE CARTUCHOS

*Anna Lúcia Mourad*

Naturalmente, o tamanho de um cartucho deve ser suficiente para acomodar o conteúdo a que se destina, ao mesmo tempo que não deve ser excessivo, o que eleva o custo financeiro e ambiental de uma embalagem.

O tamanho de cartucho depende do produto e, em muitos aspectos, da distribuição, do formato para a comercialização e do uso pelo consumidor.

O tamanho influencia a escolha da gramatura do cartão, principalmente quando se desenham várias opções de dimensão. Durante o processo de "design", a interação dos processos de fabricação, como impressão, corte, vinco e colagem, devem ser considerados. De forma geral, o custo da embalagem deve ser compatível com os preços de venda e margens de lucro esperadas.

Os conteúdos dividem-se em objetos sólidos e produtos fluidos, como líquidos, pastas, pós, grânulos e flocos. Com objetos sólidos ou grupos de objetos, existem obviamente dimensões mínimas determinadas pelo conteúdo, mas o tamanho geral do cartucho pode ser variável. Por exemplo, considerando um eletrodoméstico protegido por moldes rígidos de isopor, o amortecimento e a orientação dos moldes podem variar em função do grau de proteção necessário e do material de acolchoamento selecionado.

Para conteúdos fluidos, o tamanho e as relações entre o comprimento, a largura e a altura podem variar, para um mesmo volume interno desejado. O volume interno depende da massa do produto a ser empacotado e de sua densidade aparente. Em geral, há necessidade de um espaço livre (head space), uma vez que estes conteúdos ocupam um volume maior no processo de enchimento, que se reduz durante o manuseio e o transporte. O uso de um saco interno ou sachê geralmente contribui para uma elevação do volume interno.

O usuário de produto também deve ser considerado. Qual é a máxima largura ou profundidade que um cartucho pode ter de forma a permitir que uma mão adulta possa segurá-lo e erguê-lo? Para uma mão masculina deve ser de aproximadamente 90mm, e menores valores para mãos femininas ou infantis. Quais os limites de tamanho e massa que exigem o uso de uma e duas mãos? Estas são questões importantes, por exemplo, para embalagens de detergentes em pó e rações animais.

O que constitui uma quantidade aceitável de produto a embalar pode ter várias respostas. A quantidade de detergente em pó pode estar relacionada com diferentes tamanhos de família e periodicidade de compras. Pesquisas de mercado são bastante úteis na definição destes parâmetros.

Nas situações em que há possibilidade de se alterar o tamanho do cartucho, pode-se realizar otimizações com 3 diferentes objetivos:

1. Minimização da área de cartão necessária para um volume fixo.
2. Uso eficiente de espaço no armazenamento e no transporte.
3. Arranjo dos cartuchos nas embalagens de transporte com otimização do volume ocupado e orientação da embalagem.

Estes objetivos precisam ser combinados durante o processo de design do cartucho. Considerando-se apenas o objetivo 1 isoladamente, pode-se demonstrar que o formato com área mínima para um determinado volume é o de uma esfera. Entretanto, considerando-se o objetivo 2, um arranjo de embalagens esféricas desperdiça espaço na formação do palete. A otimização do volume de distribuição é favorecida pelo uso de embalagens retangulares de dimensões cuidadosamente selecionadas. A escolha de um cartucho que leva em consideração os objetivos 1 e 2, citados anteriormente, poderia resultar em um cartucho totalmente otimizado.

### Minimização da Área do Cartão

Se descartamos os cartões esféricos por serem impraticáveis e, sob o ponto de vista de distribuição, indesejados, a forma mais atrativa pode parecer a de um cubo. Entretanto um cartucho não se constitui exatamente em 6 painéis quadrados unidos em suas extremidades. Há abas de fechamento incluídas no topo e no fundo, além de juntas de colagem.

Uma fórmula simples de área de cartão necessária para fazer cartuchos comuns com fechamentos de vários estilos é mostrada no código ECMA (European Carton Makers Association Code Book). Um dos estilos mais simples que resulta num formato retangular é o A220 (Figura 1). A fórmula para a área de cartão do estilo A220 é:

$$A = (h + 2b) \times (2(a + b) + w)$$

Onde:

h é a altura de cartucho

a é o comprimento do cartucho

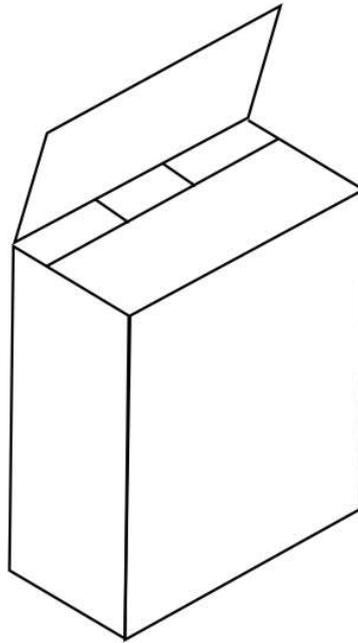
b é a largura do cartucho.

w é a largura da junta de colagem, normalmente de 15 mm.

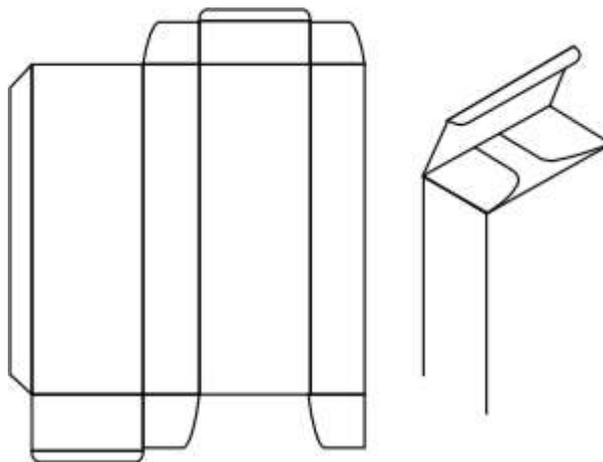
Cartuchos do estilo A220 dão a menor porcentagem de refiles quando são dispostos na largura das bobinas onde serão recortados para sua confecção. A fórmula correspondente para o estilo A112 (com dobra invertida), mostrado nas Figuras 2 e 3, necessita do layout dos cartuchos na folha para se calcular a área efetiva de cartão que será necessária para a confecção do cartucho. A fórmula para o estilo A112 é:

$$A = (h + b + t) \times (2(a + b) + w)$$

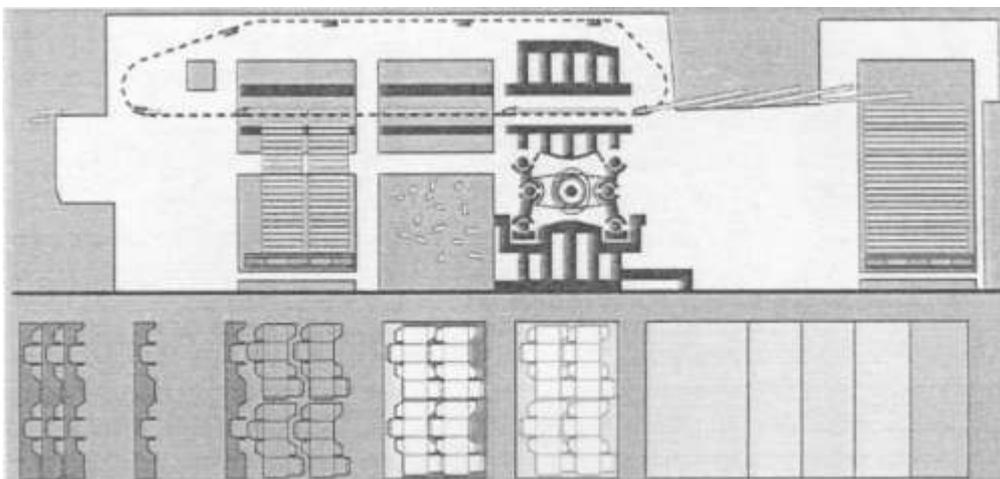
Esta fórmula inclui a largura da dobra no topo t, que é normalmente de 12mm.



**Figura 1.** Cartucho estilo A220.



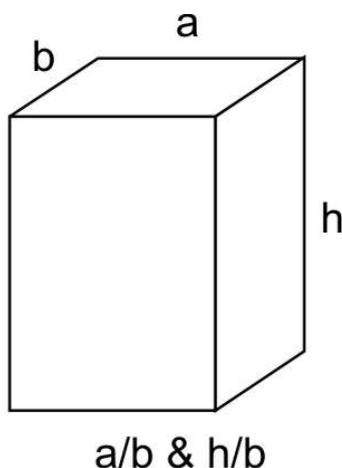
**Figura 2.** Cartucho estilo A112.



**Figura 3.** Layout dos cartuchos A112 na folha de cartão.

Estas são as fórmulas mais simples, que assumem que o corte de uma fileira de cartuchos coincida com o corte dos cartuchos vizinhos, na folha de produção. Portanto seriam separados por apenas uma faca de corte. Entretanto, se a impressão de uma fileira compromete a impressão de outra, necessita-se deixar um canal, uma tira entre as duas fileiras de cartuchos, sendo então os cortes realizados por 2 facas. O desperdício decorrente das tiras é dividido pelo total de cartuchos recortados. Assim, a área de cartão para a confecção do cartucho é aumentada pelo comprimento do perímetro do cartucho, quando se necessita de cortes duplos.

Normalmente é possível "sangrar" a impressão sobre as duas extremidades das juntas de colagem, sem comprometer seriamente a colagem. A Figura 3 mostra o layout para recorte de cartões com canais entre as fileiras de dobras que saem do topo, mas nenhum canal entre as juntas de colagem dos painéis laterais dos cartuchos. Fórmulas derivadas para outros estilos de cartão podem ser determinadas, visando encontrar a área de cartão que será utilizada para corte do cartucho. Esta área não é exatamente a área do cartucho. Alguns estilos de cartão permitem melhores aproveitamentos da folha de cartão. Não se pode mesclar a direção de corte, girando por exemplo em 90, na produção de um mesmo tipo de cartão, para melhorar o aproveitamento da folha. A direção da fibra deve ser a mesma para todos os cartuchos produzidos. Assim, a única rotação permitida é de 180. Outro aspecto de otimização de cartão usada dá-se quando é possível alterar as razões entre comprimento, largura e altura, para produtos fluidos. A questão crítica relaciona a área de cartão necessária a duas razões: o comprimento dividido pela largura ( $a/b$ ) e a altura dividida pela largura ( $h/b$ ).



**Figura 4.** As 2 razões dimensionais determinantes de um cartucho:  $a/b$  e  $h/b$ .

Para um determinado volume interno, as duas razões podem ser variadas no cálculo da área de cartão usada por cada estilo.

Considerações sobre o design podem ser: o cartucho tenderá a ser como um cubo ou como um tijolo fino e alto, para um mesmo estilo de cartão e volume interno, considerando-se a minimização de área requerida? Este fator pode ser estudado usando-se as equações da área de cartão e variando-se as relações  $a/b$  e  $h/b$ .

A minimização de área em embalagem sempre foi tema de interesse e têm-se várias referências publicadas. A otimização é sempre possível quando estas razões podem ser variadas, sendo que a área de cartão passa por um mínimo.

Calculando-se as 2 razões a/b e h/b para os estilos A112 e A220, tem-se que a área mínima para o estilo A112 é de 510cm<sup>2</sup>, e para o estilo A220 é de 602cm<sup>2</sup>. A Tabela 1 e a Figura 5 mostram estes resultados para o estilo A112.

**Tabela 1.** Influência das razões dimensionais dos cartuchos na área de cartão para o estilo A112 com volume interno de 500mL.

Razões (h/b)	Área de cartão (cm <sup>2</sup> ) para diferentes razões (a/b)						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,5	672	646	644	650	661	673	687
1,0	568	545	542	547	556	566	577
1,5	542	519	516	521	528	537	548
2,0	537	514	<b>510</b>	514	521	530	540
2,5	539	516	512	515	522	531	540
3,0	546	522	517	521	527	536	545
3,5	554	529	524	527	534	542	552
4,0	563	538	533	535	542	550	559
4,5	573	547	541	544	550	558	568
5,0	583	556	550	553	559	567	576
5,5	593	565	559	561	568	576	585
6,0	603	574	568	570	576	584	594
6,5	613	584	577	579	585	593	602
7,0	622	593	586	588	594	602	611
7,5	632	601	594	596	602	610	620

Estes resultados podem também ser visualizados em gráficos de contorno, como na Figura 5, onde as curvas de linha mostram resultados com a mesma área de cartão, sendo que a curva interior representa as relações que resultam em área mínima. Este tipo de cálculo mostra que, para um mesmo volume interno, estilos diferentes de cartão consomem diferentes áreas de cartão.

As relações dimensionais que resultaram em área mínima, para um volume interno de 500mL, considerando a:b:h, foram:

1,8:1:2,2 para o estilo A112

2,2:1:3,8 para o estilo A220

Estas razões ótimas para um determinado estilo variam com o volume interno, uma vez que a área de colagem é fixa.

Muitos dos cartuchos encontrados no mercado encontram-se longe da área mínima, chegando, em alguns casos, ao uso de 10% acima da área mínima. Outras considerações além da área mínima de cartão devem ser avaliadas, como o uso eficiente de espaço no transporte, além, é claro, dos aspectos estéticos de cada embalagem.

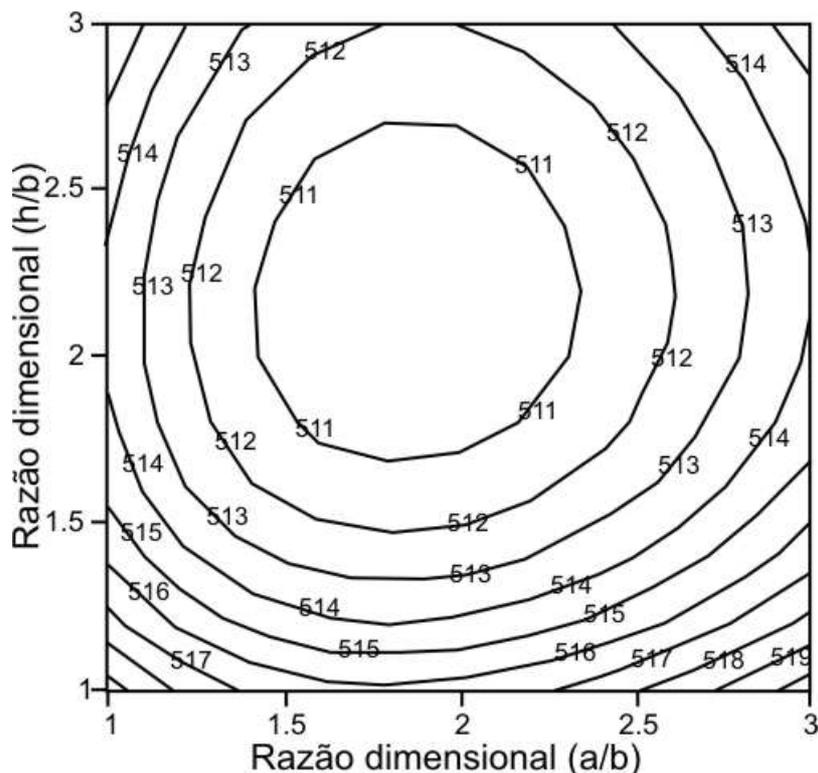
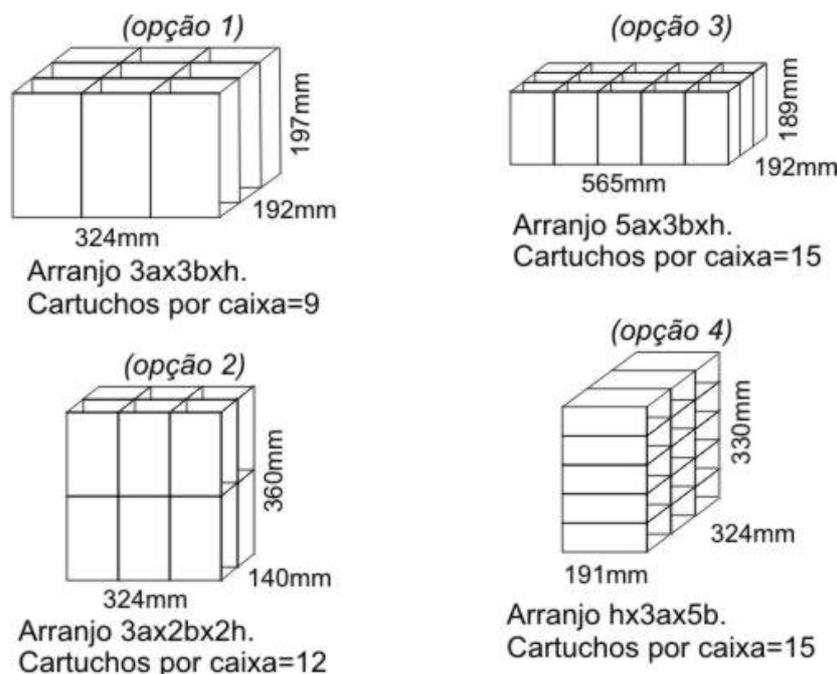


Figura 5. Gráficos de contorno para o estilo de cartão A112.

### Uso econômico de espaço

O alto custo de transporte e movimentação tem geralmente sido determinante no design do cartucho, de forma que ocorra máximo aproveitamento de espaço no veículo de transporte. A racionalização do uso de espaço deve, em primeiro plano, estabelecer qual o espaço prioritário a ser otimizado: a prateleira onde o cartucho ficará disposto, a caixa de transporte, o palete, os porta-paletes dos centros de distribuição ou o container do navio. Em geral, toma-se a utilização do palete como referência para otimização de espaço. Ao se considerar o palete-padrão brasileiro PBR, de dimensões de 1000 x 1200mm. Através do uso de softwares especializados, têm-se avaliado diferentes combinações dimensionais de cartuchos e caixas de transporte, para se obterem as dimensões que levam a um máximo aproveitamento de espaço. Utilizando-se o software DIGE 3.1, desenvolvido pelo CETEA, simularam-se algumas alternativas dimensionais para cálculo de aproveitamento da área do palete, mostradas na Tabela 2 e na Figura 6.



**Figura 6.** Gráficos de contorno para o estilo de cartão A112.

As opções mostradas na Tabela 2 ilustram a variedade de tamanhos de cartuchos e arranjos em que um mesmo conteúdo de 500g pode ser disposto. Estas diferentes opções têm diferentes custos de transporte e aproveitamento da área do palete. Estas opções foram simuladas com pequenas variações dimensionais de um cartucho de mercado com dimensões de 110x67x185mm. Quando maiores variações dimensionais são permitidas, melhores otimizações podem ser realizadas.

**Tabela 2.** Otimização da ocupação do palete simulando diferentes alternativas dimensionais de cartuchos para uma massa fluida de 500g.

Opção (No)	Eficiência (%) Área	Dimensões do cartucho			Arranjo do cartucho na caixa de transporte			Dimensões da caixa de transporte			Número de cartuchos por	
		a	b	h	C	L	A	C	L	A	caixa	palete
1	99,6	108	64	197	3a	3b	h	324	192	197	9	1134
2	98,3	108	70	180	3a	2b	2h	324	140	360	12	1152
3	95,5	113	64	189	5a	3b	h	565	192	189	15	1200
4	99,1	108	66	191	h	3a	5b	191	324	330	15	1080

Na definição final de um cartucho, considerações ainda devem ser feitas relativas à resistência mecânica necessária para sustentação das pilhas, uma vez que, na maioria dos sistemas, necessita-se somar a resistência dos cartuchos com a resistência da caixa de transporte, para que o empilhamento seja estável durante todo o período de manuseio do mesmo.

O CETEA tem realizado várias otimizações de sistemas de embalagem compostos por cartuchos e caixas de papelão ondulado, com as finalidades de ajustar especificações, desenvolver novas embalagens, reduzir amassamentos etc.

### Bibliografia Consultada

HINE, DENNIS. **Cartons and Cartoning**. Leatherhead: Pira International, 1999.382p. (guide series).  
GARCIA, A., BORDIN, M.R. **Software DIGE 3.1**. Campinas: CETEA.