

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

SECÇÃO DE ENGENHARIA NAVAL

**TECNOLOGIA DE
ESTALEIROS NAVAIS**

LIÇÕES DE TRAÇAGEM

*J. Rodrigues Branco
José Manuel Gordo*

2008

Índice

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 2 |
| 2 | MÉTODOS TRADICIONAIS | 3 |
| 2.1 | Obtenção das formas definitivas do casco | 3 |
| 2.2 | O Plano Vertical | 4 |
| 2.3 | Planificação de Elementos do Casco..... | 5 |
| 2.3.1 | Elementos Planos | 5 |
| 2.3.2 | Elementos Planificáveis | 7 |
| 2.4 | MÉTODO DA GEODÉSICA | 8 |
| 2.4.1 | Planificação de uma chapa cónica em que é possível utilizar uma geratriz da superfície como directriz..... | 8 |
| 2.4.2 | Planificação de uma chapa cónica em que não é possível utilizar uma geratriz da superfície como directriz..... | 12 |
| 2.5 | MÉTODO FLAMENGO..... | 20 |
| 2.6 | MÁQUINA DE PLANIFICAR..... | 21 |
| 3 | Os Elementos Informativos Produzidos na Sala do Risco | 23 |
| 3.1 | Elementos informativos oficinais destinados à fabricação de peças a partir de chapas. | 23 |
| 3.1.1 | CORTE..... | 23 |
| 3.1.2 | Enformação | 25 |

1 INTRODUÇÃO

Na construção naval dá-se o nome de traçagem ao conjunto de tarefas destinadas a criar os elementos informativos necessários à construção dos cascos e de algumas operações do seu aprestamento. A traçagem está assim muito ligada ao desenvolvimento do projecto e à preparação do trabalho do sector de fabricação do casco que, em conjunto, constituem um elo de ligação entre o Projecto e a Produção.

A necessidade dos elementos construtivos fundamentais de um casco serem definidos em verdadeira grandeza deu origem ao aparecimento das Salas do Risco munidas de pavimentos de madeira onde se riscavam os elementos referidos. A introdução, nos finais do século XIX, da técnica das projecções cotadas, na definição das formas de um casco, veio permitir a criação dos elementos informativos necessários à construção de cascos de aço e ao aparecimento das Salas de Risco na sua concretização mais completa.

Com o esforço de racionalização dos métodos de trabalho, surgido após a 2ª Guerra Mundial, criaram-se condições para o aparecimento da traçagem à escala reduzida (1/5 ou 1/10) e consequentemente uma menor necessidade de área e uma melhoria das condições de trabalho dos operadores que passaram a trabalhar ao estirador em vez de joelhos no chão. O desenvolvimento conseguido veio ainda permitir uma melhor ligação da Sala do Risco com a Oficina de Processamento de Aço.

A introdução do comando numérico nas máquinas de oxi-corte de chapas, que se estendeu às outras máquinas-ferramenta usadas na fabricação de cascos, e o desenvolvimento constante dos computadores revolucionou completamente as técnicas de traçagem reduzindo cada vez mais a zona de actuação das Salas do Risco e mesmo dos sectores de desenvolvimento do projecto, dando às Salas de Desenho a possibilidade de produzirem documentos informativos oficinais completos dispondo da qualidade dimensional indispensável à utilização das modernas técnicas de fabrico. Tem-se assim assistido a um esforço de investigação que se orienta na criação de métodos que permitam uma interface mais eficiente entre o projectista e o computador e, consequentemente, a possibilidade da geração de formas optimizadas dos cascos dos navios e a

redução drástica do trabalho manual tanto no projecto como no seu posterior desenvolvimento. Apesar de tudo considera-se ainda hoje indispensável o estudo dos métodos tradicionais pois, além de constituírem sempre uma solução de recurso, fornecem o conhecimento de base indispensável à compreensão dos métodos matemáticos e sua conveniente aplicação. No âmbito da actual cadeira de Tecnologia de Construção Naval vamos abordar, nas alíneas seguintes, os aspectos da traçagem que nos parecem fundamentais.

2 MÉTODOS TRADICIONAIS

2.1 Obtenção das formas definitivas do casco

Quando o projecto segue os métodos tradicionais, a superfície do casco, a que se chega na Sala de Desenho, não apresenta a qualidade indispensável à sua ulterior fabricação. As formas definitivas do casco, já com essa qualidade, vão assim ser obtidos por traçagem manual no pavimento da Sala do Risco. O Plano Geométrico do casco, à escala natural ou a uma escala reduzida (normalmente 1/10), é obtido por um processo iterativo de ajustamento. Na representação gráfica seguida usa-se a técnica das projecções cotadas.

Para a realização destas tarefas, recebe a Sala do Risco da Sala de Desenho um Plano Geométrico Provisório do Casco e a Minuta Inicial do Traçado. Este Plano Geométrico, constituído pelos Plano Longitudinal, Plano Horizontal e Plano Vertical, é normalmente representado à escala de 1/25 ou 1/100, com 10 a 12 secções, linhas de água intervaladas de 1 metro, 2 a 3 cortes longitudinais e 2 armadinhos. Em Portugal é vulgar seguir-se a representação inglesa em que: nos planos longitudinal e horizontal a proa fica à direita; no plano vertical o corpo de proa fica à direita e o corpo de ré à esquerda, como se pode ver na Ilustração 1.

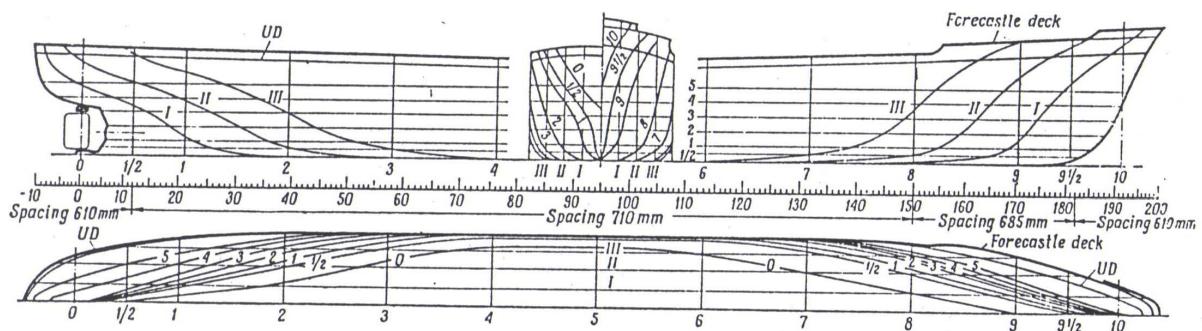


Ilustração 1 – Plano Geométrico

Na Minuta Inicial do Traçado são dadas as coordenadas dos pontos que permitem traçar as linhas do Plano Geométrico. Por baliza e linha de água é dada, para cada ponto, a respectiva meia bocadura. Normalmente os pontos referem-se à superfície na ossada que, como se sabe, coincidem com a superfície interior do forro.

Com base nestes elementos, faz-se o "lançamento do navio à casa", isto é, a traçagem sobre o pavimento e à escala natural das linhas definidoras do casco.

No caso das dimensões da sala serem inferiores às necessárias para este traçado, recorre-se a expedientes que consistem em traçar o plano vertical sobreposto ao longitudinal, servindo-lhe de eixo a baliza mestra, ou ainda em traçar os planos longitudinal e horizontal divididos, no sentido do seu comprimento, em duas partes sobrepostas. Neste caso, cada uma das partes deve ser suficientemente prolongada para além da baliza mestra a fim de se assegurar o despolamento. Ver Ilustração 2.

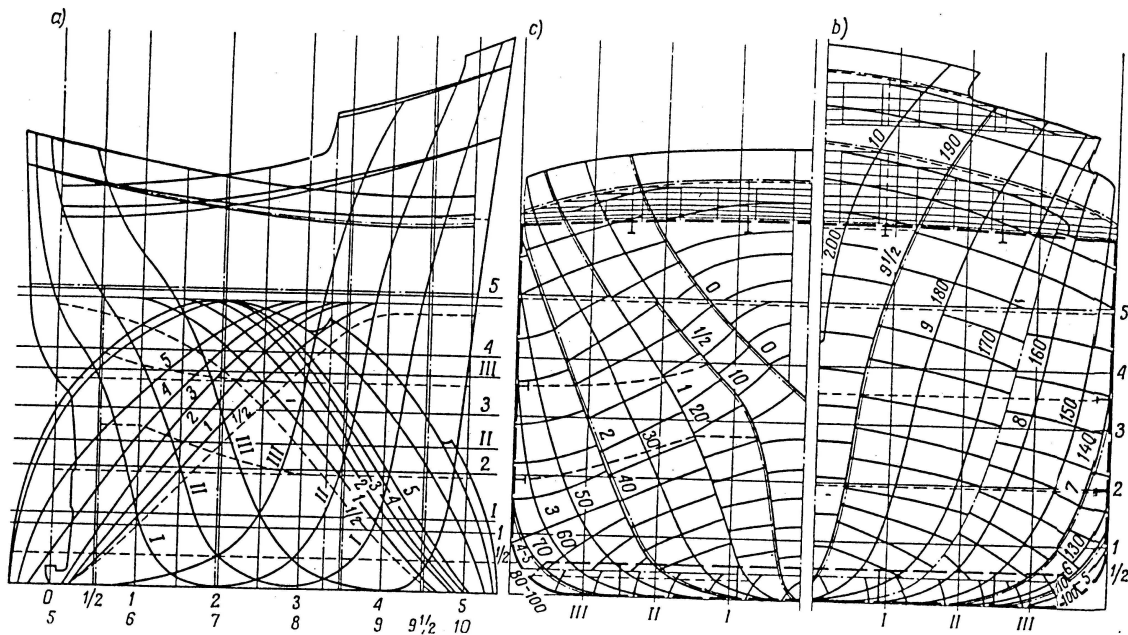


Ilustração 2 - Plano Vertical e sobreposição do plano longitudinal

No caso de se usar a escala 1/10, o traçado é feito em cima de 3 a 4 bancadas pelas quais se dividem as respectivas vistas. Estas bancadas devem apresentar robustez suficiente e, por isso, os seus tampos são feitos normalmente de chapas de duralumínio ou contraplacado de primeira qualidade. As superfícies são pintadas com tintas apropriadas e posteriormente lixadas, com lixa muito fina, para se poder traçar sobre elas. No respeitante ao seu aplanamento os desvios devem ser inferiores a 0.5mm/m.

O casco representado no Plano Geométrico deve estar "desempolado", isto é, a sua superfície não deve apresentar variações localizadas de curvatura. É curioso registar que desempolamento significa tirar empolas, isto é, tirar bolhas ou saliências. O desempolamento é executado com o auxílio de viotes. Utilizando uma via iterativa, as diferentes curvas definidoras do casco vão sendo progressivamente desempoladas e compatibilizadas.

Este desempolamento manual baseia-se na experiência do traçador que o executa e, assim, está muito dependente da sua apreciação visual no tocante à obtenção de superfícies suficientemente harmoniosas. Deste modo, e várias vezes isto acontece, uma mesma curva pode ser considerada desempolada por um traçador e não desempolada por outro. Na prática, nunca se consegue a mesma superfície desempolada de um navio, desde que a mesma seja entregue separadamente a dois traçadores embora partindo dos mesmos dados iniciais.

Os traçadores procuram respeitar o mais possível os valores da minuta inicial do traçado, já que desconhecem a influência que as alterações introduzidas possam ter nas características do casco. Tem-se seguido, por isso, como valor máximo de desvio 25mm em relação aos valores constantes da minuta inicial.

A precisão dimensional a que se chega no traçado manual é normalmente avaliada entre - 1,5 mm.

Uma vez obtido o traçado do casco desempolado, tem-se a versão final da Minuta do Traçado que deve ter, evidentemente, a aprovação da Sala de Desenho.

2.2 O Plano Vertical

Obtida, como se referiu, a forma definitiva do casco, procede-se ao traçado completo do PLANO VERTICAL, isto é, partindo da vista em alçado, obtida quando do desempolamento, faz-se a introdução dos elementos indispensáveis ao traçado posterior de todos os componentes do casco.

A Sala do Risco, deve por isso, receber da Sala de Desenho os seguintes elementos:

- O Plano de Distribuição de Chapas - também chamado impropriamente a Planificação do Costado - com referência à divisão do casco em blocos de 2 e 3 dimensões. Com este plano deve vir ainda a especificação das chapas e perfilados a considerar.
- Desenhos de pormenor referentes à secção mestra, duplo fundo, pavimentos, anteparas, balizas, balizas reforçadas, esquadros, etc.

Cabe aqui fazer uma referência à técnica tradicional usada na realização do Plano de Distribuição de Chapas. Uma vez obtido, na Sala de Desenho, o Plano Geométrico, é o mesmo enviado a Sala do Risco para ai se fazer, na mesma escala o modelo de meio casco. O arranjo das fiadas de chapas é posteriormente estudado na Sala de Desenho sobre esse modelo.

Podemos dizer que o desempolamento da superfície do casco e o traçado completo do Plano Vertical são tarefas que ocupam dois bons traçadores durante 4 semanas. Constitui, por isso, um trabalho "gargalo", já que dele estão dependentes, como se disse, os trabalhos posteriores de traçagem. Há, por essa razão, toda a vantagem em se racionalizar os métodos normalmente seguidos. Assim aconselha-se:

- fazer a traçagem sobre placas de contra-placado devidamente montados e pintados, de preferência, com uma tinta de cor verde clara;
- traçar a lápis (com lapiseiras de desenho);
- eliminar os erros por pintura das zonas a corrigir;
- envernizar finalmente o plano, quando todo o traçado estiver concluído, evitando-se deste modo a operação tradicional de traçar de novo o plano a tinta da china o que ocupa, em média, dois traçadores durante uma semana.

Na sua forma final o Plano Vertical conterà o traçado de:

- todas as balizas e vaus;
- todos os elementos estruturais;
- as bainhas e topos das fiadas de chapas do costado e dos pavimentos;
- as intersecções das escoas com o costado e dos diversos elementos resistentes entre si;
- o eixo ou eixos da linha ou linhas de veios;
- os fixos das instalações propulsora e auxiliares.

2.3 Planificação de Elementos do Casco

De entre os elementos que constituem o casco muitos são planos ou planificáveis. Se bem que a forma de alguns destes elementos se possa obter directamente do Plano Vertical, na maior parte dos casos, a obtenção desta forma exige a sua planificação. Na sequência desta alínea, vamo-nos referir aos aspectos fundamentais que essa planificação envolve.

2.3.1 Elementos Planos

Os elementos deste tipo são os que incorporam relativamente menos mão de obra na sua fabricação. Há, por isso, tendência para fabricar os cascos com o maior número possível destes elementos. Registamos aqui, como curiosidade, o aparecimento do casco tipo "PIONEER", Ilustração 3, completamente construído com elementos planos. Pelas razões apontadas, encontramos elementos planos em todos os tipos de elementos estruturais.

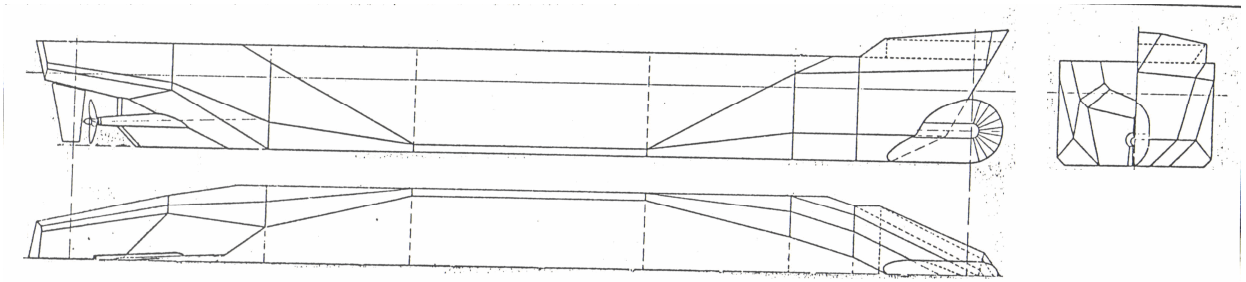


Ilustração 3 – Casco planificável 'Pioneer'

No respeitante à obtenção da forma de elementos planos vamos considerar os 3 casos seguintes:

- a) Os elementos encontram-se em planos transversais: A forma destes elementos é obtida por decalque do Plano Vertical.
- b) Os elementos encontram-se em planos longitudinais: A determinação da forma destes elementos exige a recolha de medições no Plano Vertical. As distâncias longitudinais encontram-se referidas aos planos de balizas, as verticais são apanhadas em relação a um plano de base. Na posse destes dados, a traçagem da forma do elemento reduz-se à ligação, por segmentos, dos pontos notáveis.
- c) Os elementos encontram-se em planos inclinados em relação ao plano vertical: Nestes casos, a determinação da forma de um elemento obriga a operações adicionais de traçagem a que nos vamos referir.

Consideremos o caso de uma marginal como se representa na Ilustração 4.

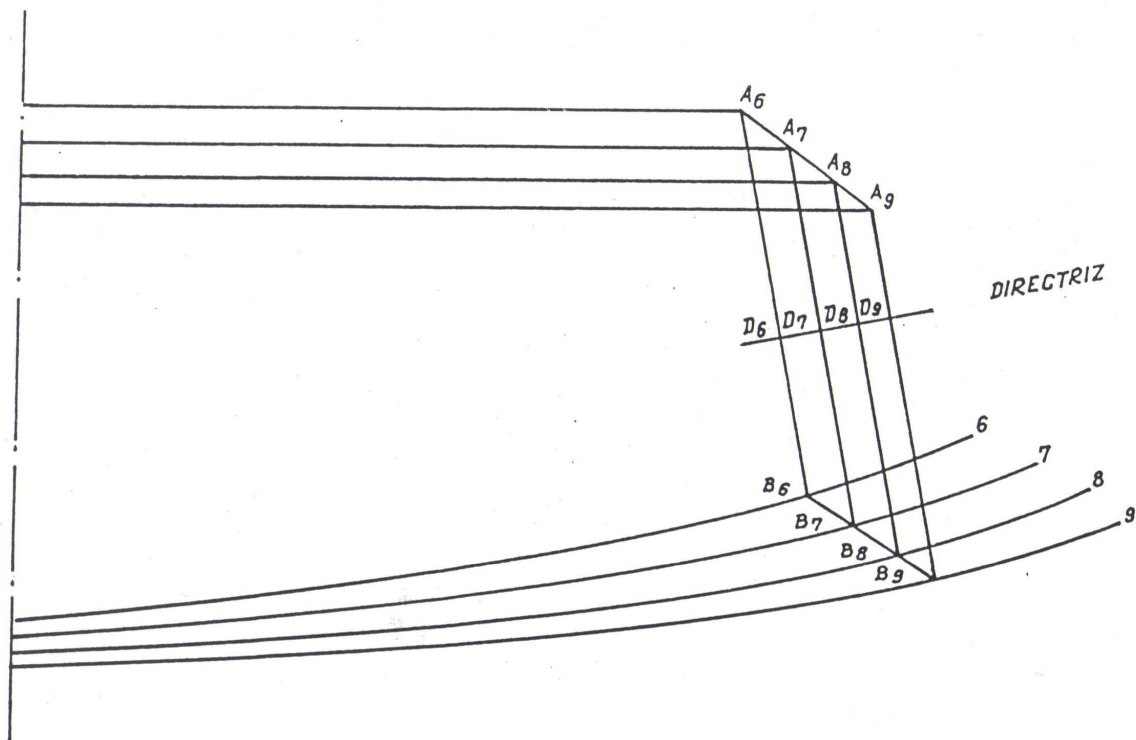


Ilustração 4 – Plano Vertical e chapa marginal

Esta marginal, limitada pelas balizas 6 e 9, situa-se entre o fundo e o duplo-fundo. A sua planificação faz-se nos seguintes passos:

I- Traçagem, no Plano Vertical, de uma recta directriz.

Esta recta é, por construção, perpendicular aos traços dos planos de baliza com a marginal.

II- Colheita de dados no Plano Vertical.

Medição das distâncias:

- entre os planos de balizas e sobre a directriz: D_6D_7 ; D_7D_8 ; D_8D_9 .
- da directriz ao fundo e ao duplo-fundo por plano de baliza: A_6D_6 ; A_7D_7 ; A_8D_8 ; A_9D_9 ; e B_6D_6 ; B_7D_7 ; B_8D_8 ; B_9D_9 ;

III- Desenvolvimento da directriz - determinação da sua verdadeira grandeza.

Dado que, por um lado, as distâncias D_6D_7 , D_7D_8 e D_8D_9 são as projecções dos 3 segmentos da directriz sobre os planos das balizas 7, 8 e 9 e que, por outro, se conhecem as distâncias entre os planos de balizas (passo das balizas), a directriz é a linha que une os vértices das hipotenusas dos triângulos rectângulos cujos catetos são essas distâncias e este passo da baliza. O desenvolvimento da directriz faz-se portanto por construção desses triângulos rectângulos. No caso particular da Ilustração 5, a directriz é a hipotenusa de um triângulo rectângulo em que um dos catetos é a soma dos segmentos D_6D_7 , D_7D_8 e D_8D_9 e o outro a soma de três passos de baliza.



Ilustração 5 – Desenvolvimento da directriz

IV- Traçagem da marginal

Traçado o segmento da recta directriz na sua verdadeira grandeza, ver Ilustração 6, levantam-se, na perpendicular, as intersecções da marginal com os planos de baliza. Marcam-se, sobre estas intersecções, as distâncias medidas no Plano Vertical. Os pontos encontrados definem as bainhas da marginal. Uma das bainhas, a que liga ao duplo-fundo, é recta por esse elemento ser plano. A outra, a que liga ao fundo, pode ser curva se o fundo não for plano.

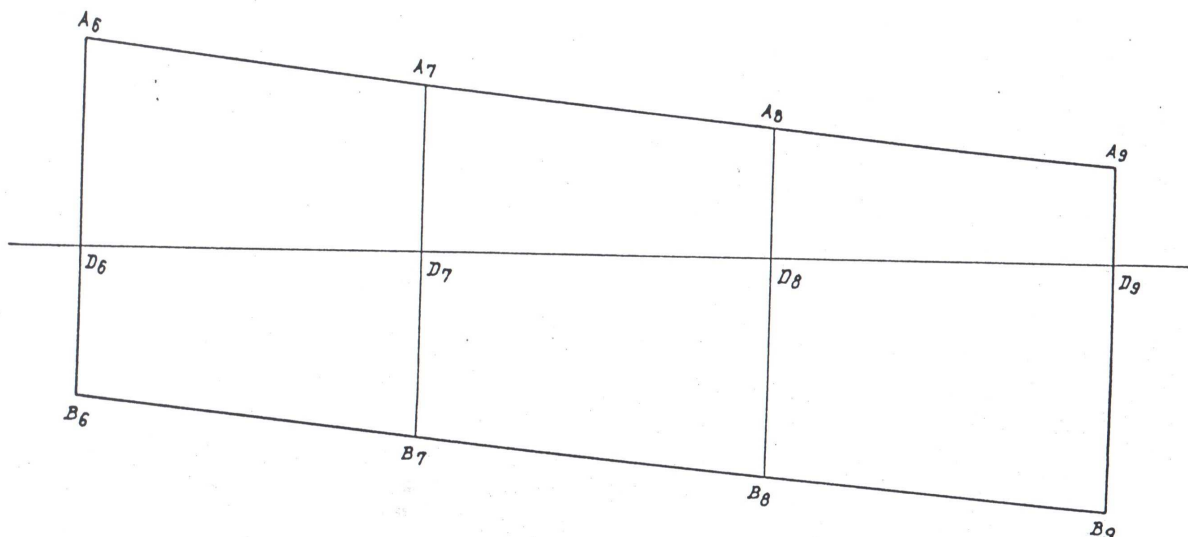


Ilustração 6 – Planificação da marginal

2.3.2 Elementos Planificáveis

Os elementos deste tipo são constituídos, na sua quase totalidade, por chapas que se encontram:

- no costado,

- nos pavimentos,
- nas superestruturas e
- nas chaminés.

Teoricamente as superfícies destes elementos deviam ser cilíndricas ou cónicas que, como se sabe, só tem uma curvatura principal diferente de zero. Esta curvatura é constante no caso das cilíndricas e uniformemente variável no caso das cónicas. Na prática, devido à ductilidade dos materiais usados na construção naval, podemos incluir neste tipo de elementos os que apresentam superfícies em que uma das curvaturas principais seja muito pequena, isto é, a que correspondem raios de curvatura superiores a 3000m.

Na planificação destes elementos vamos usar, fundamentalmente, o MÉTODO DA GEODÉSICA e faremos posteriormente uma referência ao MÉTODO FLAMENGO.

2.4 MÉTODO DA GEODÉSICA

Este método assenta fundamentalmente na utilização de uma geodésica da superfície cónica da chapa a planificar como uma directriz à qual se referencia o seu contorno através das linhas de baliza.

A geodésica que se escolhe como directriz deve ser perpendicular, pelo menos, a uma linha de baliza. Deste modo, esta geodésica transformar-se-á, quando da planificação, numa recta - a recta de base - e manter-se-á perpendicular à linha de baliza escolhida, permitindo assim, a necessária referenciação.

Como entre o número infinito de geodésicas que passam por um ponto de uma superfície cónica se encontra a geratriz que passa por esse ponto, vamos, para facilidade de exposição, abordar os seguintes casos.

2.4.1 Planificação de uma chapa cónica em que é possível utilizar uma geratriz da superfície como directriz.

Este tipo de chapas encontra-se normalmente na zona central do encolamento e nos pavimentos. No caso de se poder utilizar uma geratriz de uma superfície cónica como directriz, verifica-se, em virtude dessa geratriz ser uma recta, que, se a mesma for perpendicular a uma linha de baliza, será também perpendicular às outras linhas de baliza que se encontram sobre a mesma superfície cónica.

No respeitante à possibilidade da escolha de uma geratriz perpendicular às sucessivas linhas de baliza podemos distinguir os dois seguintes casos:

- a) A superfície cónica que contém a chapa apresenta o seu eixo perpendicularmente ao Plano Vertical. Os planos de baliza coincidem com as secções rectas e, portanto, toda a geratriz do cone é perpendicular às diferentes linhas de baliza.
- b) A superfície cónica que contém a chapa não apresenta o seu eixo perpendicularmente ao Plano Vertical. As linhas de baliza encontram-se sobre as elipses resultantes da intersecção dos planos de baliza com a superfície cónica e, deste modo, só 2 geratrizes — as que encontram os extremos dos eixos maiores das elipses - são perpendiculares às balizas (ver a Ilustração 8).

Consideremos a Ilustração 7 que representa um pavimento de um castelo de proa. Na Ilustração 8 representa-se a superfície cónica em que este pavimento se insere e a respectiva projecção sobre o Plano Vertical.

A geratriz que passa pelos pontos D_{11} e D_7 é normal às diferentes linhas dos vaus. Essa geratriz pode ser considerada como uma directriz, e a sua projecção no Plano Vertical corresponde ao eixo vertical desse plano.

Para facilitar a exposição vai-se unicamente referir à planificação de 1/2 pavimento. Na prática é normal fazer-se a planificação total do pavimento por planificação simultânea dos 2 meios pavimentos.

PLANO VERTICAL

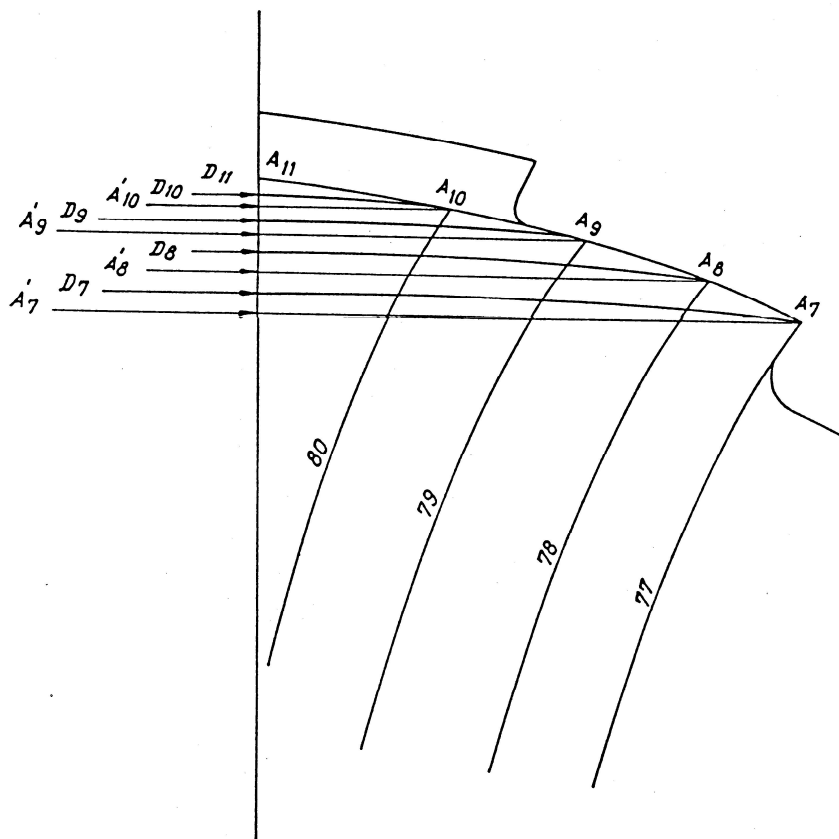


Ilustração 7 – Castelo de Proa

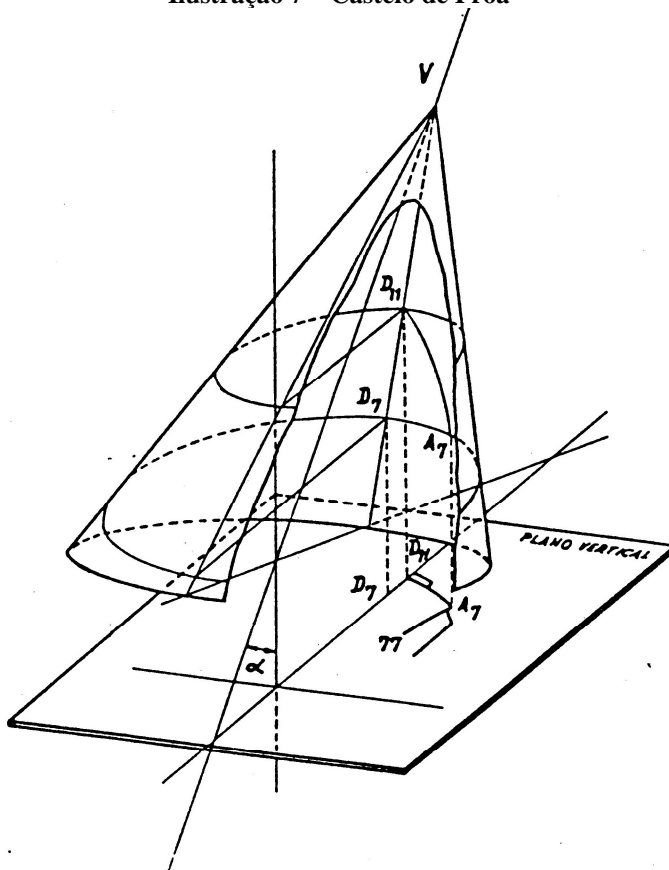


Ilustração 8 – Projecção no plano vertical da superfície cônica

I passo - Traçagem, sobre o Plano Vertical, da Directriz.

Neste caso a projecção da directriz coincide com o eixo vertical.

II passo - Colheita de elementos no Plano Vertical.

Com o auxílio de virotes vamos medir os perímetros:

- das projecções dos segmentos da bainha lateral: $A_7A_8, A_8A_9, A_9A_{10}, A_{10}A_{11}$;
- dos 1/2 vaus: $A_7D_7, A_8D_8, A_9D_9, A_{10}D_{10}$.

Vamos igualmente medir:

- as flechas dos vaus: $A'_7D_7, A'_8D_8, A'_9D_9, A'_{10}D_{10}$
- distâncias verticais entre vaus: $D_7D_8, D_8D_9, D_9D_{10}, D_{10}D_{11}$.

III passo - Desenvolvimento da bainha lateral.

Utilizando a construção do triângulo rectângulo, procede-se ao desenvolvimento da bainha lateral como se representa na Ilustração 9.

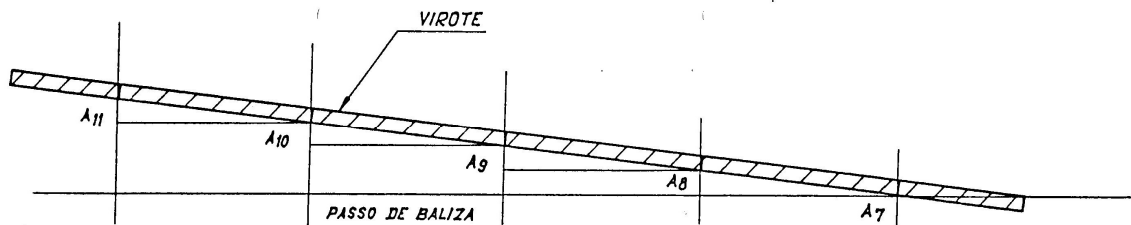


Ilustração 9 – Desenvolvimento da bainha lateral

IV passo - Marcação dos perímetros dos vaus no esquadro.

Como na planificação os perímetros dos vaus se têm de marcar perpendicularmente à directriz, utiliza-se um esquadro, com as dimensões convenientes, em que se marcam, na base, esses perímetros. Esse esquadro é representado na Ilustração 10.

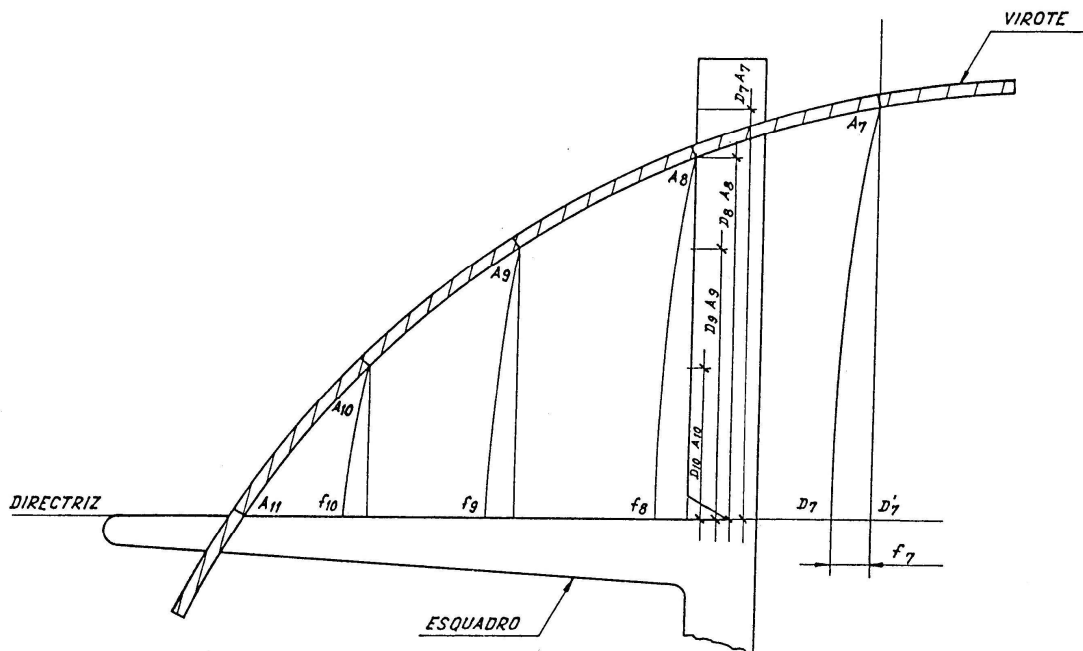


Ilustração 10 – Planificação de 1/2 de pavimento

V passo - Planificação de 1/2 pavimento.

Na posse do virote com o desenvolvimento da bainha e do esquadro com a marcação dos perímetros dos vaus, procede-se como se indica na Ilustração 10:

- traça-se a recta directriz;
- orienta-se o esquadro pela directriz num dos seus topos; fica imediatamente localizado o ponto A_7 ;
- faz-se coincidir o ponto localizado com o ponto A_7 do virote do desenvolvimento da bainha e fixa-se o virote;
- desloca-se o esquadro para a frente segundo a directriz ao mesmo tempo que se flexe o virote para se encontrar, quando da coincidência, o ponto A_8 e fixa-se, de novo, o virote;
- repete-se a operação anterior para a determinação dos restantes pontos.

A face interna do virote dá-nos a situação da bainha. Falta agora determinar as linhas de inserção dos vaus, a primeira das quais corresponde à situação do topo do pavimento. Vamo-nos, por isso, servir da Ilustração 11. Nesta figura representa-se a projecção no Plano Longitudinal da bainha e da directriz do pavimento a planificar. Os planos das balizas, que coincidem com os planos dos vaus, não são perpendiculares à directriz. Como no método de planificação utilizado, consideramos as perpendiculares à directriz para a determinação dos pontos da bainha, temos que considerar as flechas, medidas na directriz entre as projecções dos planos perpendiculares à directriz e as projecções dos planos de balizas, para a determinação dos pontos centrais das linhas de inserção dos vaus.

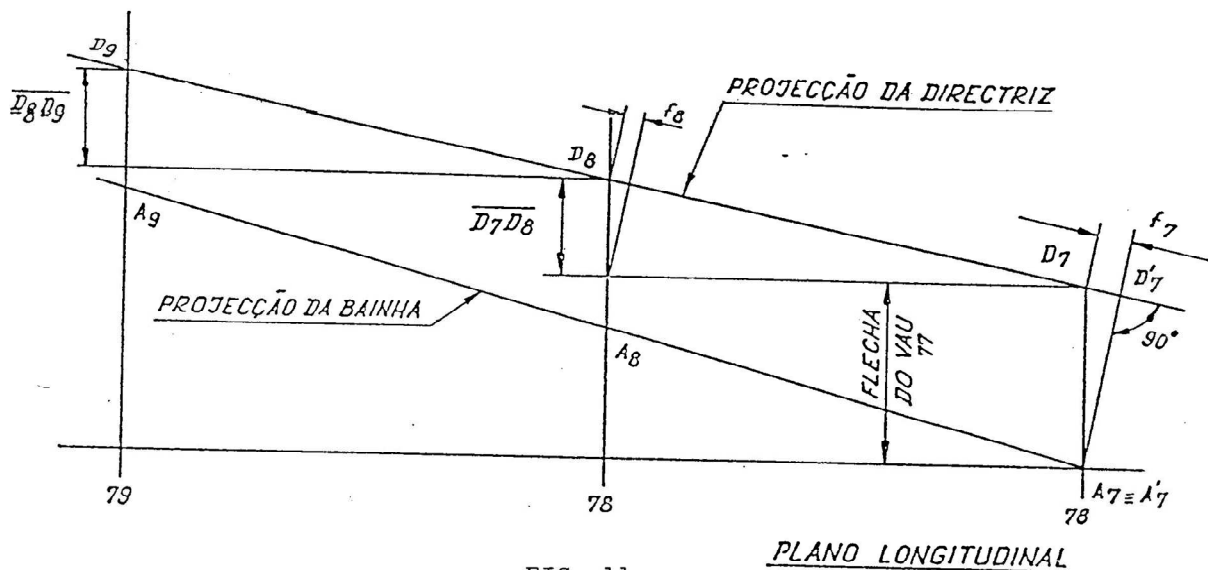


Ilustração 11 – Determinação das flechas medidas na geratriz entre os planos de baliza e os planos perpendiculares à directriz

Na determinação dessas flechas usa-se um tipo de construção auxiliar baseado na semelhança de dois triângulos rectângulos. Na Ilustração 12 representa-se essa construção para a flecha f_7 . Este tipo de construção também é válido para a determinação de flechas em pontos intermédios desde que sejam recolhidos no Plano Vertical os elementos necessários, isto é, as distâncias sobre os vaus a que esses pontos estão da directriz e as respectivas flechas que os vaus apresentam.

Era normal, nas Salas do Risco, utilizarem-se as construções gráficas em vez do uso das fórmulas trigonométricas dado o desconhecimento destas formulas pelos traçadores. É evidente que a melhoria de conhecimento do pessoal e a utilização de calculadoras portáteis tem permitido a crescente utilização da trigonometria.

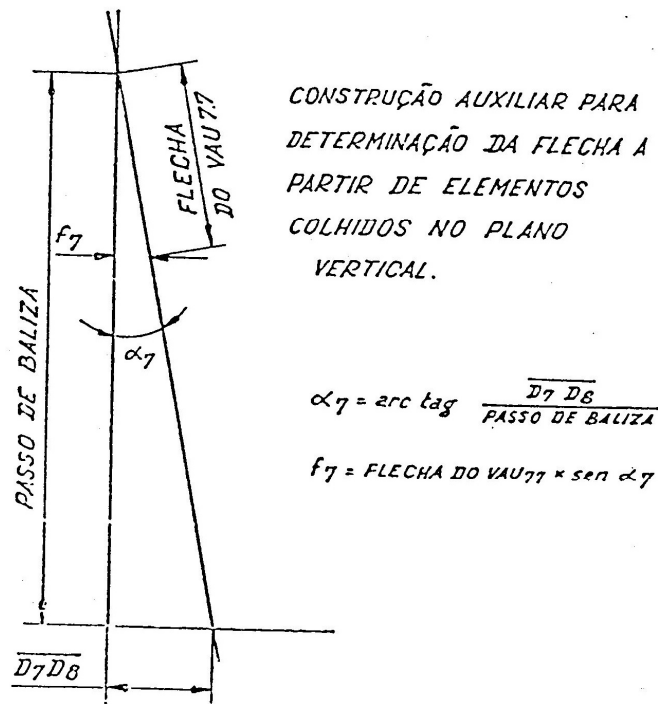


Ilustração 12 – Determinação da flecha

Queremos ainda referir o facto de termos utilizado, na marcação do esquadro, os perímetros dos vaus quando devíamos ter usado os perímetros das secções perpendiculares à directriz. É válida esta mudança por a diferença entre esses dois perímetros, dadas as dimensões e curvaturas normais das chapas, ser inferior a 0,025%.

A versão do Método do Geodésico que acabamos de descrever é conhecida, nas nossas salas do risco, pelo Método Francês.

2.4.2 Planificação de uma chapa cónica em que não é possível utilizar uma geratriz da superfície como directriz.

É neste tipo de chapas que o MÉTODO DA GEODÉSICA tem o seu verdadeiro campo de aplicação.

A aplicação deste método tem, como condição inicial, a traçagem, na superfície da chapa, de uma geodésica. Essa geodésica, transformar-se-á numa recta - a Recta de Base ou Directriz - quando da planificação da chapa e servirá assim de base às operações posteriores relativas a essa planificação. Convém, por isso, que a Recta de Base ocupe uma posição mediana e, deste modo, escolhe-se a geodésica que é perpendicular à linha de baliza central num ponto vizinho do seu ponto médio.

Recordemos que a traçagem de uma geodésica, numa determinada superfície S, ver Ilustração 13, a partir de um ponto M e seguindo uma tangente T a esta superfície e neste ponto, envolve o seguinte processo:

- pelo ponto M traça-se a normal N à superfície S;
- considera-se o plano P, que contém a normal N e a tangente T, e que intersecta a superfície S por uma curva C que contém o ponto M;
- considere-se um ponto M' da curva C e vizinho da M;
- pelo ponto M' traça-se a normal N' à superfície S;
- considere-se o plano P' que contém N' e o ponto M, este plano intersecta a superfície S por uma curva C' que contém, evidentemente, M';
- considere-se um ponto M'' da curva C' e vizinha de M';

- pelo ponto M'' traça-se a normal N'' à superfície S ;
- considere-se o plano P'' que contém N'' e o ponto M' , este plano intersecta a superfície S por uma curva C'' que contém, evidentemente, M'' ;
- etc.
- os segmentos MM' , $M'M''$, $M''M'''$, etc. definirão uma geodésica de superfície S , quando as suas grandezas tenderem para zero.

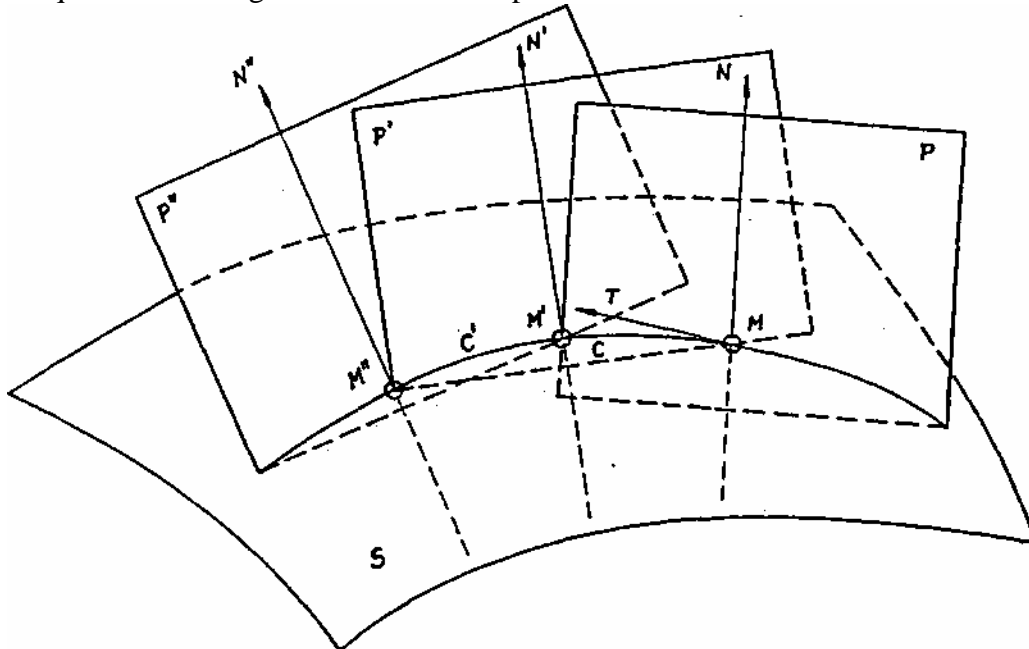


Ilustração 13 – Traçagem de uma geodésica numa superfície

Consideremos uma chapa da zona da ré e junto à quilha, como se representa na Ilustração 14. A sua planificação envolve os seguintes passos:

I- Traçagem da Geodésica sobre o Plano Vertical.

Como se disse, convém que se escolha uma geodésica que se encontre numa posição mediana da chapa. Deste modo, considera-se como ponto inicial de traçagem o ponto M_{16} que divide ao meio a baliza central da chapa.

Na traçagem da geodésica vamos seguir uma versão prática que se aproxima suficientemente da versão correcta referida anteriormente.

Consideremos a Ilustração 15 em que se mostra, em perspectiva, um troço da chapa, que se pretende planificar, entre as balizas 14, 15 e 16. Pelo ponto M_{16} tira-se a tangente t_{16} à superfície da chapa, que é perpendicular à baliza 16. Pelo mesmo ponto tira-se a normal n_{16} à superfície da chapa. O plano definido pela tangente t_{16} e a normal n_{16} intersecta a baliza 15 no ponto M_{15} e a sua intersecção com a chapa, entre as balizas 15 e 16, define o troço da geodésica $M_{15}M_{16}$ que designaremos por g_{16} .

O plano referido é um plano de topo em relação ao Plano Vertical já que é perpendicular a uma curva que está contida num plano de baliza. Nestas circunstâncias a sua intersecção com a chapa entre as balizas 15 e 14, projecta-se no plano vertical (ver Ilustração 14) como um segmento de recta no prolongamento de outro segmento de recta que é, por sua vez, a projecção de g_{16} .

A traçagem do troço seguinte vai continuar a seguir o processo de construção da geodésica anteriormente referido. Deste modo, vamos considerar o ponto M_{15} do troço g_{16} da geodésica e por esse ponto tira-se uma normal n_{15} à superfície da chapa. Consideremos agora o plano definido por esta normal e o pelo ponto M_{16} que intersecta o plano anteriormente definido pela recta que une os pontos M_{15} e M_{16} e intersecta a superfície da chapa entre as balizas 15 e 14 pelo traço seguinte da geodésica $M_{15}M_{14}$ que designaremos por g_{15} .

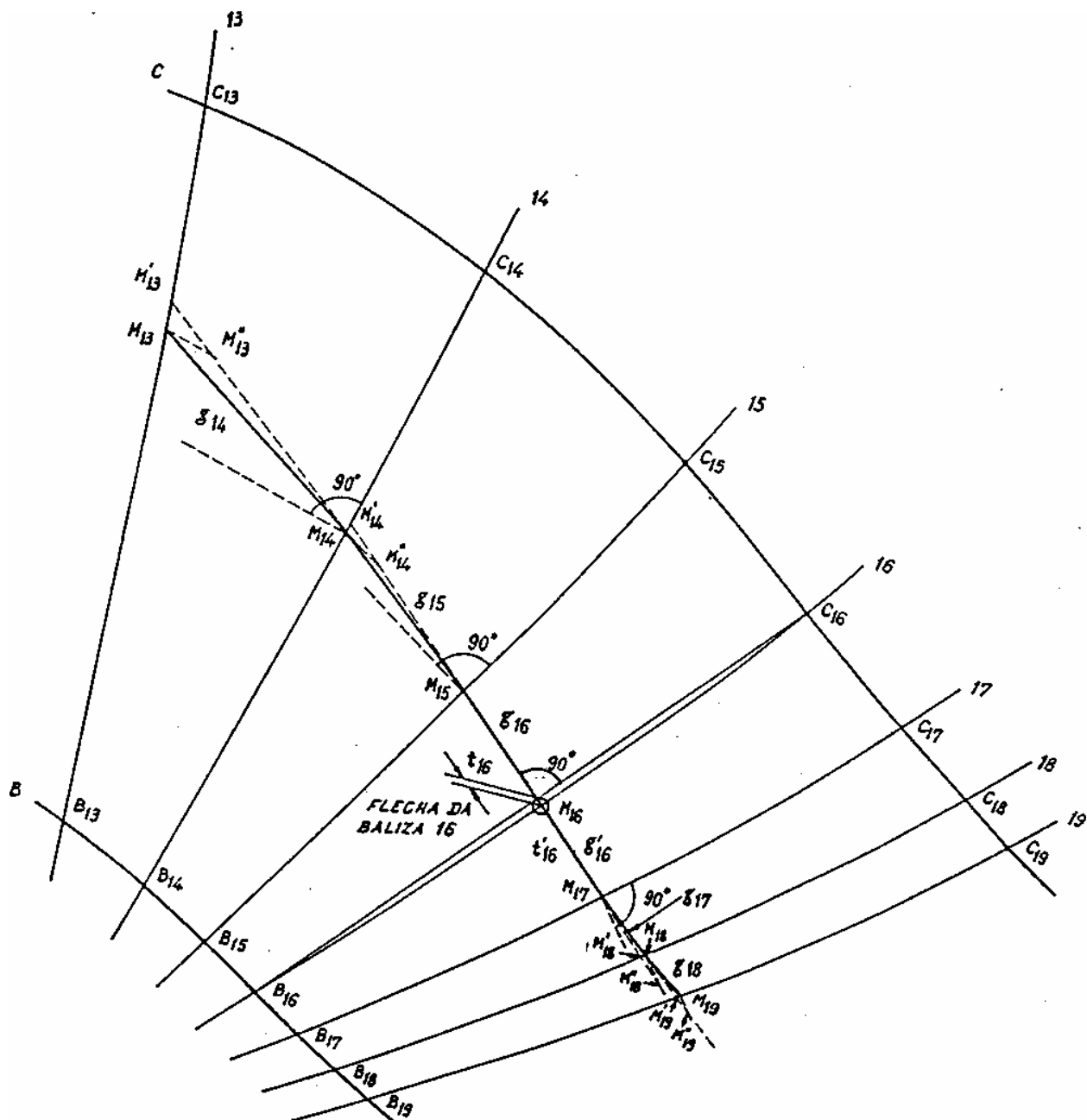


Ilustração 14 – Traçagem da geodésica no plano vertical

Vejamos agora como se determina no plano vertical o ponto M_{14} indispensável à definição da projecção do troço g_{15} . Recordemos que a superfície da chapa é definida em projecções cotadas e, portanto, são necessárias construções auxiliares para se conhecer o que se passa em planos longitudinais.

Consideremos a Ilustração 16 a):

- o desenvolvimento da tangente t_{16} entre os planos das balizas 16 e 15 faz-se pela construção do triângulo rectângulo em que um dos catetos é o passo da baliza e o outro a projecção, sobre o Plano Vertical, do segmento que une os pontos M_{15} e M_{16} ;
- o desenvolvimento da projecção da tangente t_{16} sobre a superfície da chapa entre as balizas 15 e 14, projecção obtida pelo plano definido por esta tangente e pela normal n_{16} , também se faz pela construção do triângulo rectângulo em que um cateto é igual ao passo da baliza e, o outro a projecção, sobre o Plano Vertical, do segmento que une os pontos M_{15} e M'_{14} ;
- o ponto M''_{14} é obtido pela intersecção com a tangente t_{16} da perpendicular a esta

tangente que passa no ponto M'_{14} . Tem-se assim o cateto que corresponde à projecção vertical do segmento $M_{15}M''_{14}$.

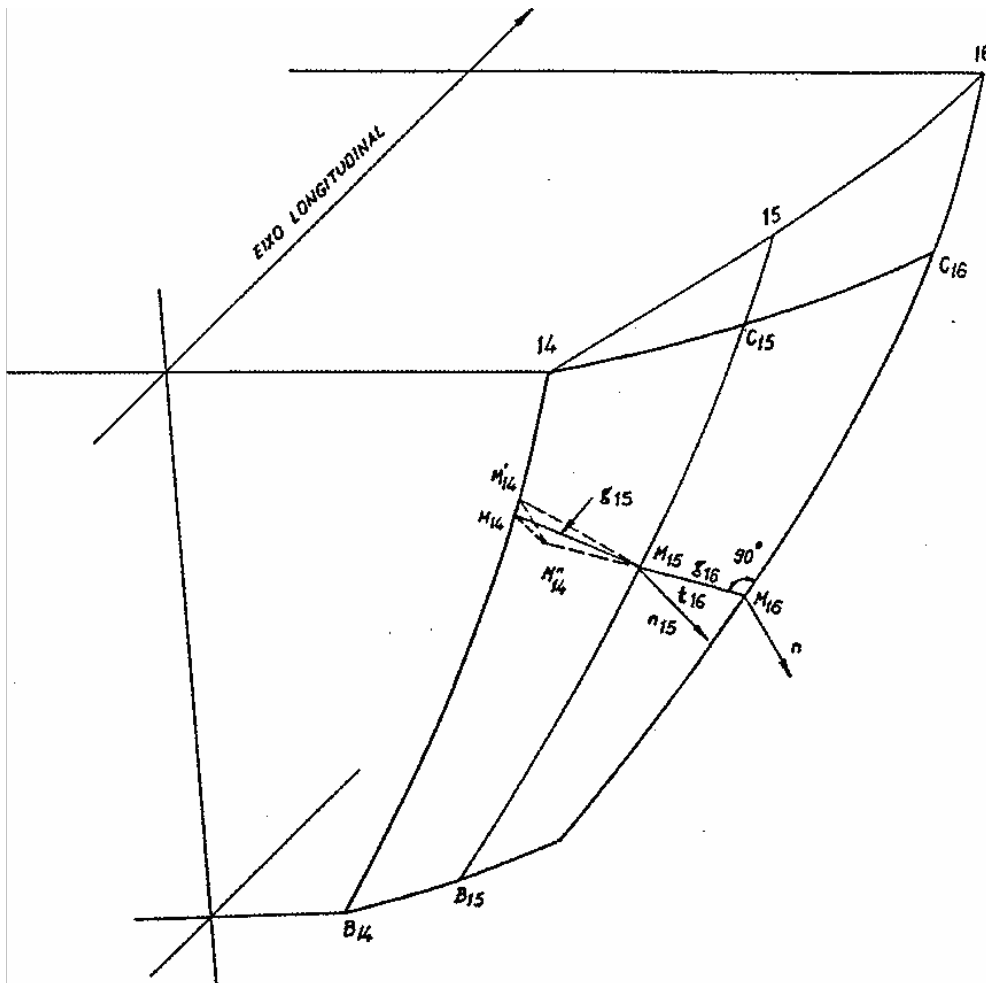


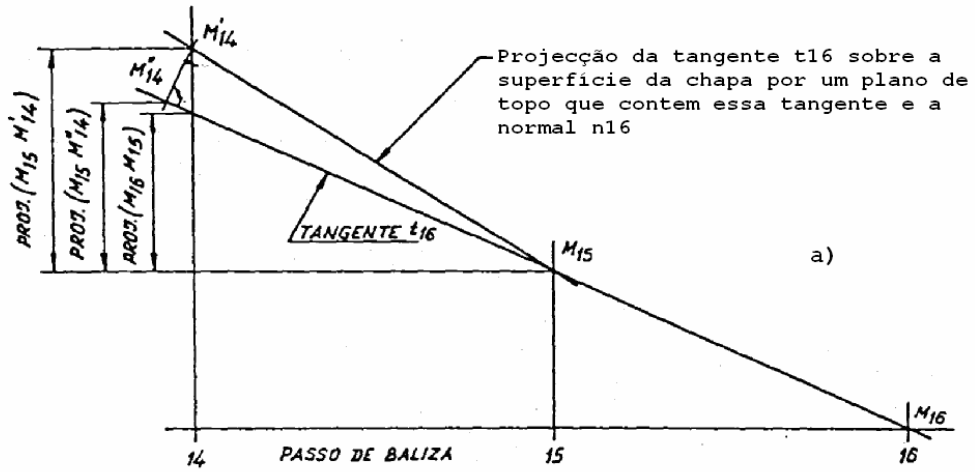
Ilustração 15 – Plano vertical da zona de ré

Voltando ao Plano vertical, Ilustração 15, e marcando a projecção vertical do segmento $M_{15}M''_{14}$ sobre o prolongamento da tangente encontra-se a projecção do M''_{14} .

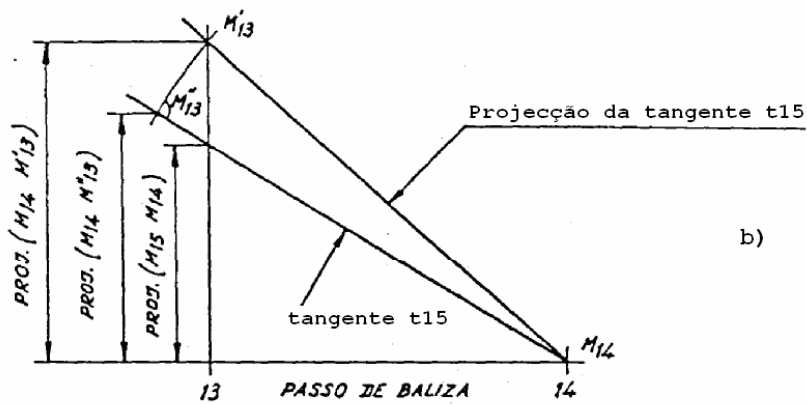
Resta agora determinar o ponto M_{14} que é, como sabemos, a intersecção do plano definido pela normal n_{15} e o ponto M_{16} com a linha de baliza 14. Para isso basta traçar a partir do ponto M'_{14} uma paralela à projecção da normal n_{15} . Esta projecção é perpendicular à baliza 15 no ponto M_{15} . A paralela referida encontra a baliza 14 no ponto M_{14} .

A projecção da geodésica pode ser acrescentada pelo segmento g_{15} que une os pontos M_{14} e M_{15} . A determinação do ponto M_{13} faz-se segundo o mesmo método. Ter, no entanto, em atenção que se considera uma tangente t_{15} que, com a normal n_{15} , define um plano que intersecta a superfície da chapa entre as balizas 15 e 14 pelo segmento g_{15} da geodésica. Este plano é também um plano de topo em relação ao Plano vertical. A análise das Ilustração 14 e 16b permite a devida compreensão.

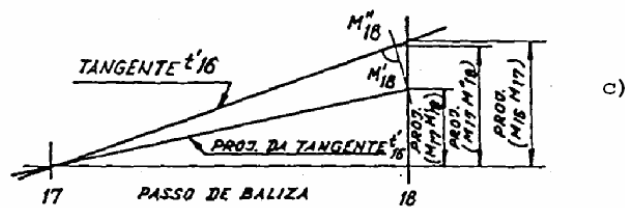
A determinação dos pontos M_{17} , M_{18} e M_{19} , que permitem o traçado da geodésica na outra banda da chapa, segue igualmente o método já descrito. Nas Ilustração 14, 16c e 16d encontram-se os elementos necessários a essa determinação.



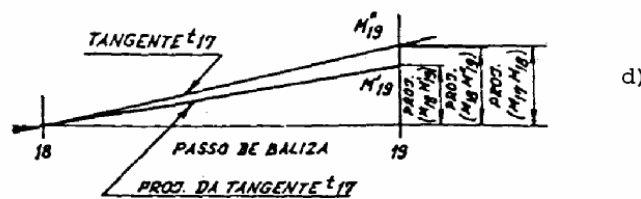
a)



b)



c)



d)

Ilustração 16

II- Colheita de elementos no Plano Vertical.

Com o auxílio de virotes vamos medir os perímetros:

- das projecções dos segmentos das bainhas:
superior: $C_{13}C_{14}$, $C_{14}C_{15}$, $C_{15}C_{16}$, $C_{16}C_{17}$, $C_{17}C_{18}$ e $C_{18}C_{19}$.
inferior: $B_{13}B_{14}$, $B_{14}B_{15}$, $B_{15}B_{16}$, $B_{16}B_{17}$, $B_{17}B_{18}$ e $B_{18}B_{19}$;
- das projecções dos segmentos da directriz:
 $M_{13}M_{14}$, $M_{14}M_{15}$, $M_{15}M_{16}$, $M_{16}M_{17}$, $M_{17}M_{18}$, $M_{18}M_{19}$.

Marcam-se os perímetros das balizas num virote tendo como ponto comum de referência a intersecção das linhas de balizas com a geodésica. Ver Ilustração 17. Os perímetros a marcar são os seguintes:

$B_{13}M_{13}C_{13}$ $B_{14}M_{14}C_{14}$; $B_{15}M_{15}C_{15}$; $B_{16}M_{16}C_{16}$; $B_{17}M_{17}C_{17}$; $B_{18}M_{18}C_{18}$; $B_{19}M_{19}C_{19}$. Mede-se também a flecha da baliza 16.

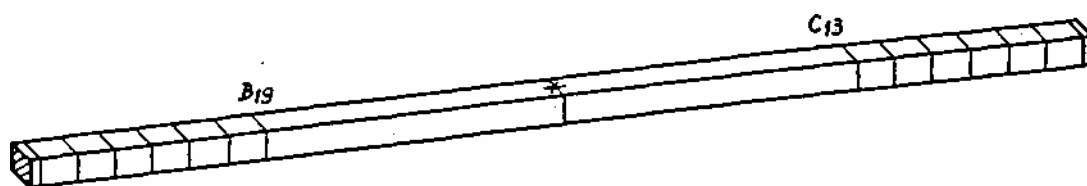


Ilustração 17 - VIROTE COM OS PERÍMETROS DAS BALIZAS

III- Desenvolvimento das bainhas e da geodésica.

Com os elementos colhidos no Plano Vertical e utilizando a construção do triângulo rectângulo, marcam-se os virote correspondentes ao desenvolvimento das bainhas superior e inferior e da geodésica. Ver Ilustração 18.

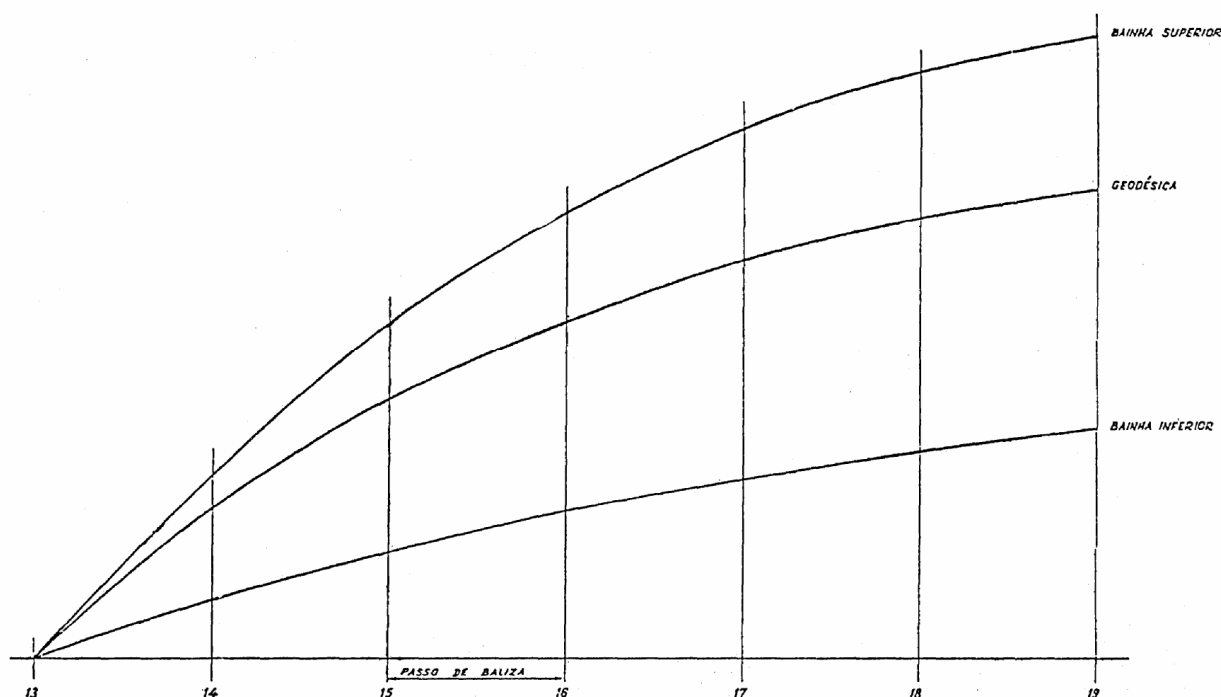


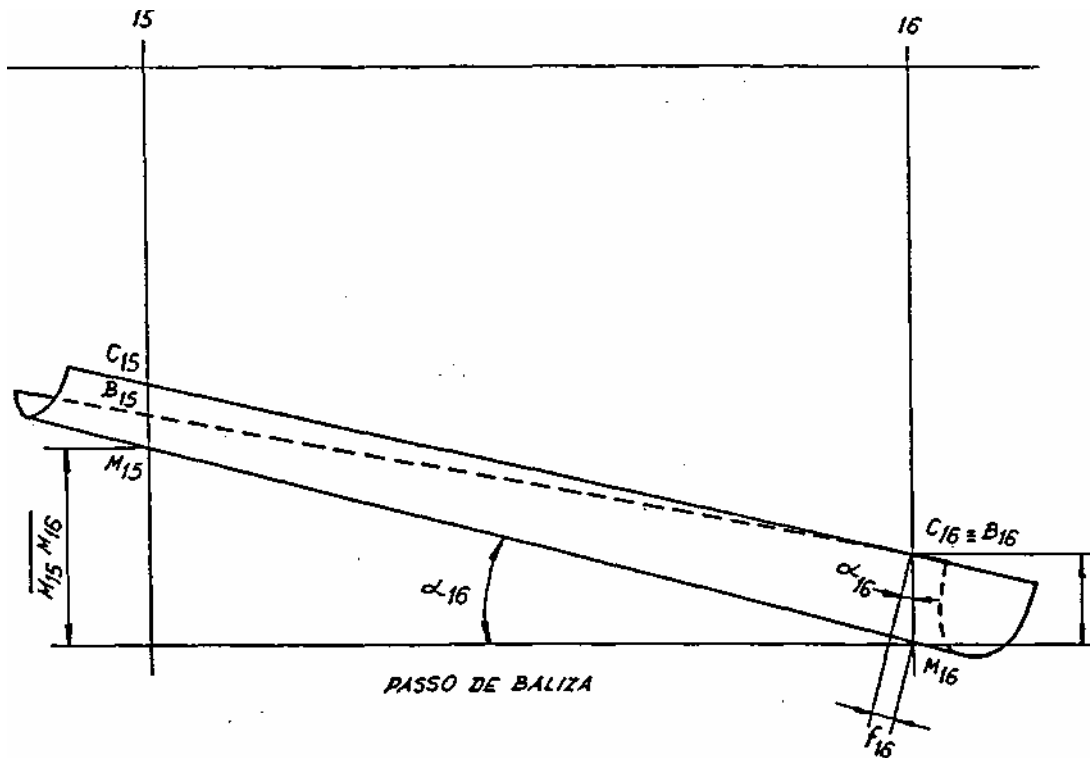
Ilustração 18 - DESENVOLVIMENTO DAS BAINHAS SUPERIOR E INFERIOR E DA GEODÉSICA

IV- Determinação da flecha que a linha da baliza central apresenta na sua planificação.

Como se vê na Ilustração 19 representa-se uma projecção da chapa em que se fazem coincidir as projecções dos pontos C_{16} e B_{16} . Os pontos M_{16} e M_{15} da geodésica apresentam o maior afastamento, dada a sua posição central. No caso do ponto M_{16} esse afastamento é a Flecha da

Baliza 16.

Na planificação que terá lugar no passo seguinte, tendo como referência a recta de base em que se transforma a geodésica, os pontos C_{16} e B_{16} serão marcados sobre uma recta perpendicular à recta de base e o ponto M_{16} ficará distanciados do ponto de cruzamento dessas rectas do comprimento f_{16} .



$$\alpha_{16} = \text{arc tag } \frac{M_{15} M_{16}}{\text{PASSO DE BALIZA}}$$

$$f_{16} = \text{FLECHA DA BALIZA 16} \times \text{sen } \alpha_{16}$$

$$f_{16} = \frac{\text{FLECHA DA BALIZA 16} \times M_{15} M_{16}}{\sqrt{(\text{PASSO DE BALIZA})^2 + (M_{15} M_{16})^2}}$$

Ilustração 19 – Flecha da baliza 16

Voltando novamente à Ilustração 19 pode considerar—se f_{16} como um cateto de um triângulo rectângulo em que a hipotenusa é a Flecha de Baliza 16 e o outro cateto é a perpendicular baixada de um ponto intermédio do segmento $C_{16}B_{16}$ sobre a geodésica. Esse ponto intermédio é o traço do plano perpendicular ao segmento referido e que contém o ponto M_{16} . O triângulo definido é semelhante ao triângulo em que um dos catetos é a projecção no Plano Vertical do segmento que une os pontos M_{15} e M_{16} que se representa por $M_{15}M_{16}$ e o outro cateto é o Passo da Baliza.

Nestas circunstâncias a distância f_{16} pode ser definida pela expressão:

$$f_{16} = \frac{\text{Flecha da baliza 16} \cdot M_{15}M_{16}}{\sqrt{(\text{Passo de Baliza})^2 + (M_{15}M_{16})^2}}$$

Ou em alternativa:

$$f_{16} = \text{Flecha da baliza 16} \times \text{sen } \alpha_{16}$$

em que $\alpha_{16} = \arctg (M_{15}M_{16}/\text{passo de baliza})$

V- Planificação da chapa.

Na posse dos 3 virotes com o desenvolvimento da geodésica e das bainhas, do virote das balizas e do valor de f_{16} , pode proceder-se à planificação da chapa do seguinte modo (ver Ilustração 20):

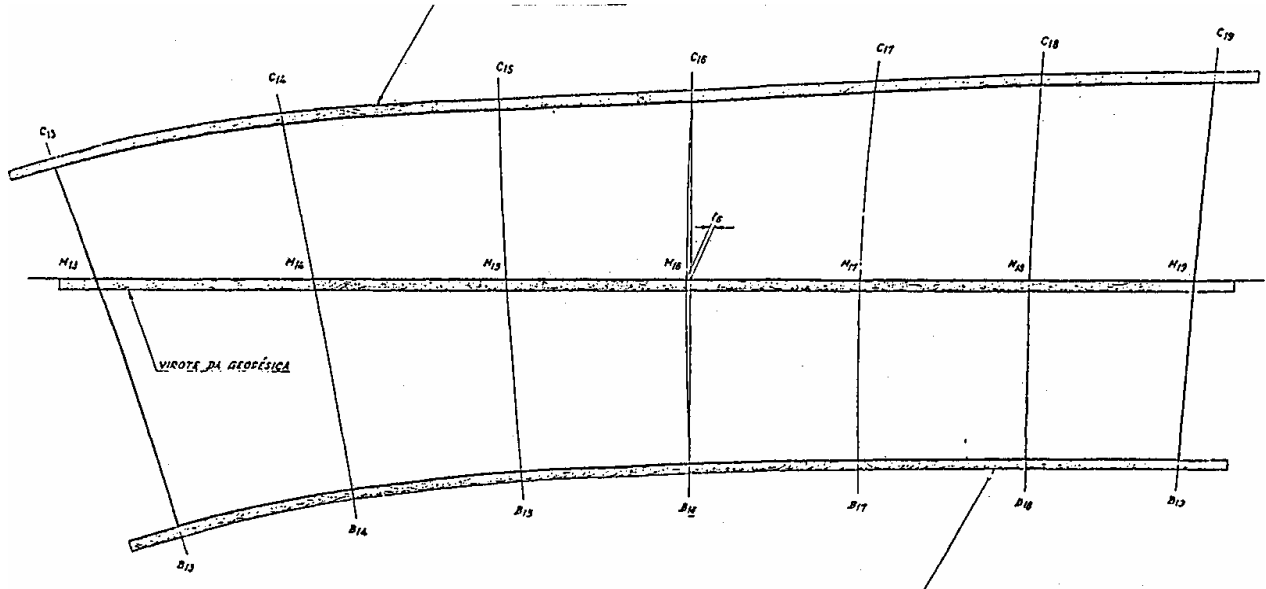


Ilustração 20 - PLANIFICAÇÃO DA CHAPA

- começa-se por traçar a recta de base e por um dos pontos levanta-se uma perpendicular;
- marca-se o ponto M_{16} à distância f_{16} do ponto de intersecção encontrado tendo em consideração o sentido em que se encontra o vértice da superfície cónica em que se insere a chapa.
- Alinha-se o virote da geodésica pela recta de base fazendo coincidir o ponto M_{16} marcado com o ponto M_{16} do virote. Fixa-se o virote;
- coloca-se o virote das balizas em cima do virote da geodésica fazendo coincidir o ponto central daquele com o ponto M_{16} deste. Fixam-se os virotes;
- determinam-se os pontos C_{16} e B_{16} fazendo rodar o virote das balizas até que esses pontos, marcados no virote, coincidem com a perpendicular traçada anteriormente;
- colocam-se os virotes das bainhas com os respectivos pontos C_{16} e B_{16} em coincidência com os pontos determinados anteriormente. Fixam-se os virotes.
- Com estas operações fica planificada a baliza 16.
- Passa-se à baliza 15.
- coloca-se o virote das balizas sobre o virote da geodésica fazendo coincidir o ponto central daquele com o ponto M_{15} deste. Fixam-se os virotes;
- faz-se coincidir o ponto C_{15} do virote da bainha superior com o ponto C_{15} do virote das balizas. Fixa-se o virote da bainha superior;
- faz-se coincidir o ponto B_{15} do virote da bainha inferior com o ponto B_{15} do virote das balizas. Igualmente se fixa o virote da bainha inferior.
- Proceder-se de igual modo para as restantes balizas.

Resta-nos fazer as seguintes considerações:

- as linhas que definem a planificação da chapa são as correspondentes às arestas dos virotes que contêm os diversos pontos em coincidência;
- para que na planificação não sejam introduzidos erros, os virotes devem ter a mesma secção e a sua espessura deve ser muito próxima da chapa a planificar.

2.5 MÉTODO FLAMENGO

O Método Flamengo tem o mesmo campo de aplicação do Método da Geodésica. Em relação a este, o Método Flamengo é de compreensão mais simples mas, em contrapartida, é menos preciso.

A aplicação do Método Flamengo impõe, também, a traçagem adicional de linhas auxiliares no Plano Vertical.

Consideremos a Ilustração 21 em que se representa a projecção no Plano Vertical de uma chapa de costado. A sua planificação pelo Método Flamengo envolve os seguintes passos:

I passo: Traçagem no Plano Vertical das seguintes linhas auxiliares:

- *Linha Central* que é traçada longitudinalmente na zona central da chapa onde se encontram as maiores flechas.
- *Diagonais* que ligam 3 linhas de balizas sucessivas passando pelos pontos de intersecção:
 - da primeira linha de baliza com uma bainha,
 - da linha de baliza seguinte com a linha central e
 - da linha da terceira baliza com a outra bainha.

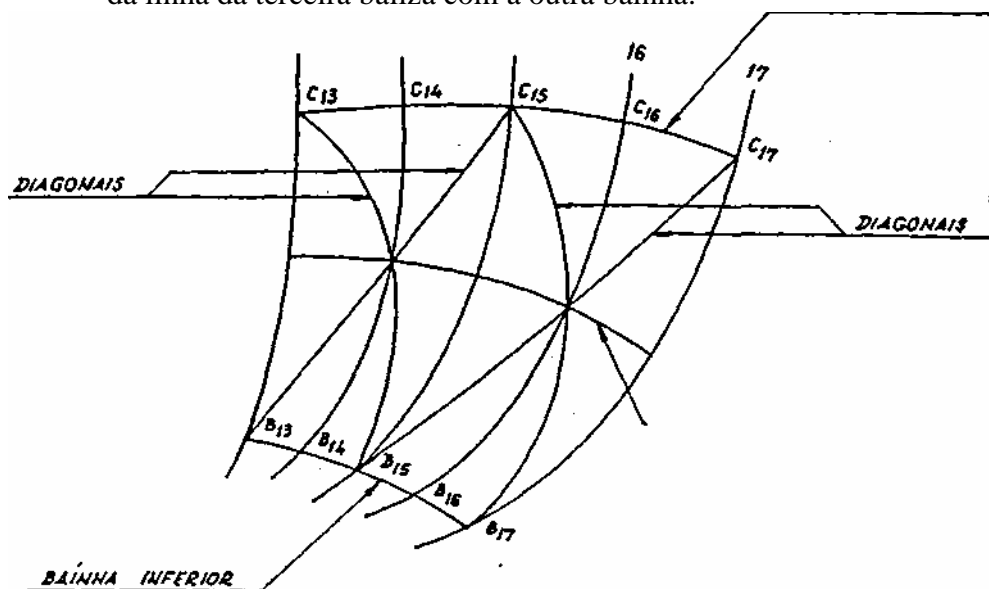


Ilustração 21 - PLANO VERTICAL: Chapa da zona de ré

II passo: Recolha de elementos no plano vertical.

Com o auxílio de viotes vamos medir os perímetros das projecções dos segmentos:

- das bainhas;
- da linha central. O próprio viote que serve para a traçagem desta linha dá-nos esses perímetros, uma vez transpostos os pontos de intersecção com as balizas;
- das diagonais. Também nestes casos os viotes usados na traçagem devem ser usados para a determinação desses perímetros.

Marcam-se viotes com os perímetros das balizas entre as bainhas e referencia-se o ponto de intersecção com a linha central.

III passo: Desenvolvimento das bainhas, da linha central e das diagonais.

Com os elementos colhidos no Plano Vertical e utilizando, como já referimos várias vezes anteriormente, a construção do triângulo rectângulo, marcam-se os viotes correspondentes aos desenvolvimentos das bainhas, da linha central e de cada uma das diagonais.

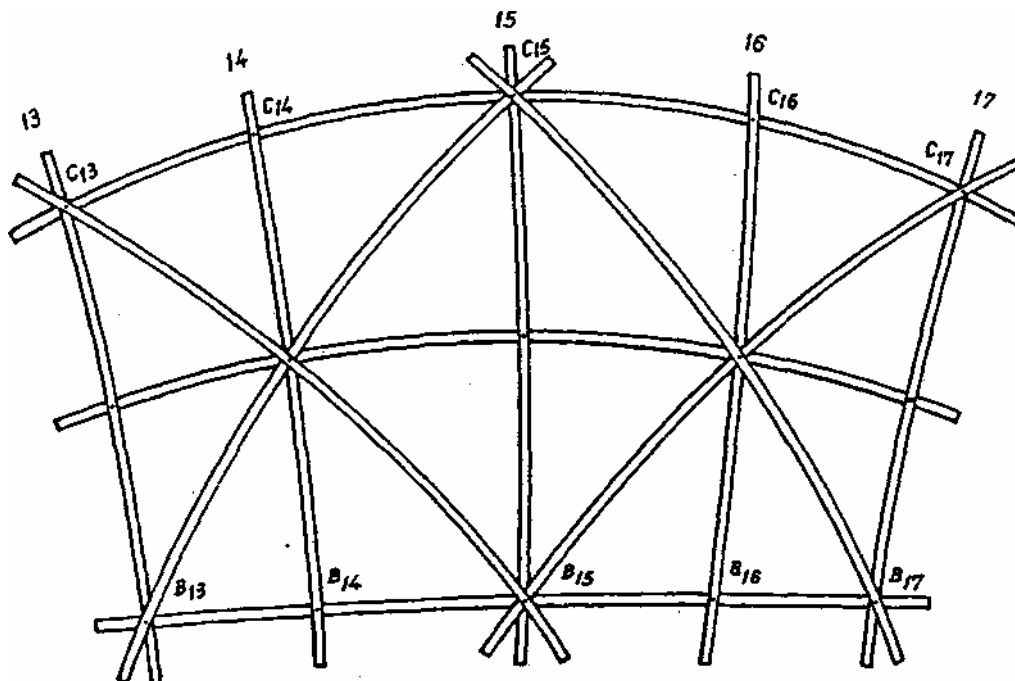


Ilustração 22 – Planificação da chapa

IV passo: Planificação da chapa.

Na posse dos virotes referidos no passo anterior constrói-se, sobre um plano uma grade como se representa na Ilustração 22.

Os diferentes virotes são montados entre si por coincidência dos pontos referentes a cada vértice. Em cada um dos vértices, os virotes concorrentes são fixados por um só prego, de preferência de secção redonda e fina, para permitir o auto-ajustamento dos virotes.

A planificação da chapa, é materializada pela grade referida acima. Aqui, porém por razões relativas à própria construção da grade, são as linhas centrais dos virotes das bainhas e das balizas que definem os contornos da chapa e as linhas de inserção das balizas. Há, por isso, um trabalho adicional de traçagem para definição das linhas correctas.

2.6 MÁQUINA DE PLANIFICAR

A introdução da traçagem à escala 1/10 veio permitir o uso das máquinas de planificar. O princípio de funcionamento destas máquinas já era conhecido há muito mas só a redução dimensional tornou comportável a sua construção.

Com estas máquinas obtém-se resultados com o rigor necessário evitando-se as laboriosas operações de traçagem relativas à planificação.

Nos estaleiros do Norte da Europa foi muito usada na década de 70, uma máquina fabricada pela firma GAG de Hamburgo que se representa na Ilustração 23. Fundamentalmente a máquina consiste numa armação paralelepipedica em que se pode encaixar uma série de molduras. Essas molduras destinam-se a reproduzir as balizas.

Cada moldura, Ilustração 24, dispõe de 2 barras ajustáveis. A barra inferior tem 5 agulhas ajustáveis e articuladas a um virote. A barra superior dispõe igualmente de 5 agulhas ajustáveis.

É possível, deste modo, materializar em cada moldura a curva correspondente a uma baliza. Para isso, as molduras são sucessivamente colocadas, numa posição constante, sobre o Plano Vertical para ajustamento das agulhas às linhas das balizas. O ajustamento é feito do modo seguinte. O virote articulado nas agulhas da barra inferior é ajustado à curva da baliza tendo em consideração a espessura da chapa a usar e são fixadas as respectivas agulhas. As 5 agulhas da barra superior

são ajustadas a seguir, destinando-se as 2 exteriores a referenciar as intersecções da linha de baliza com as bainhas da chapa a planificar e as restantes 3 a referenciar 3 pontos intermédios da linha de baliza.

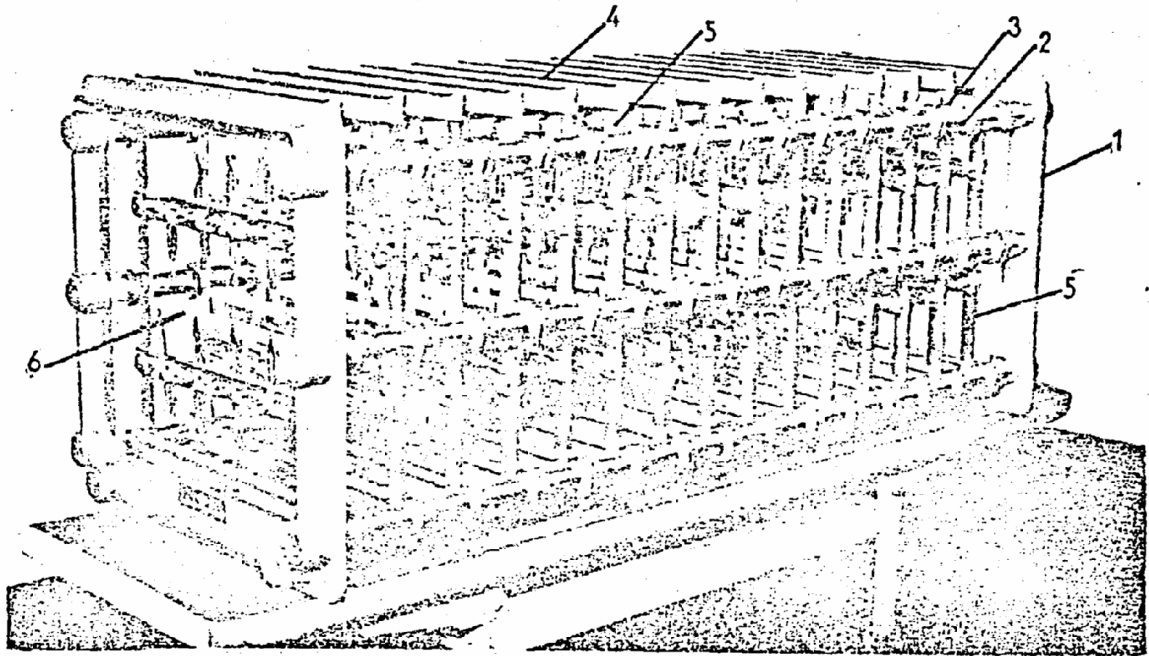


Ilustração 23 – Máquina de planificar

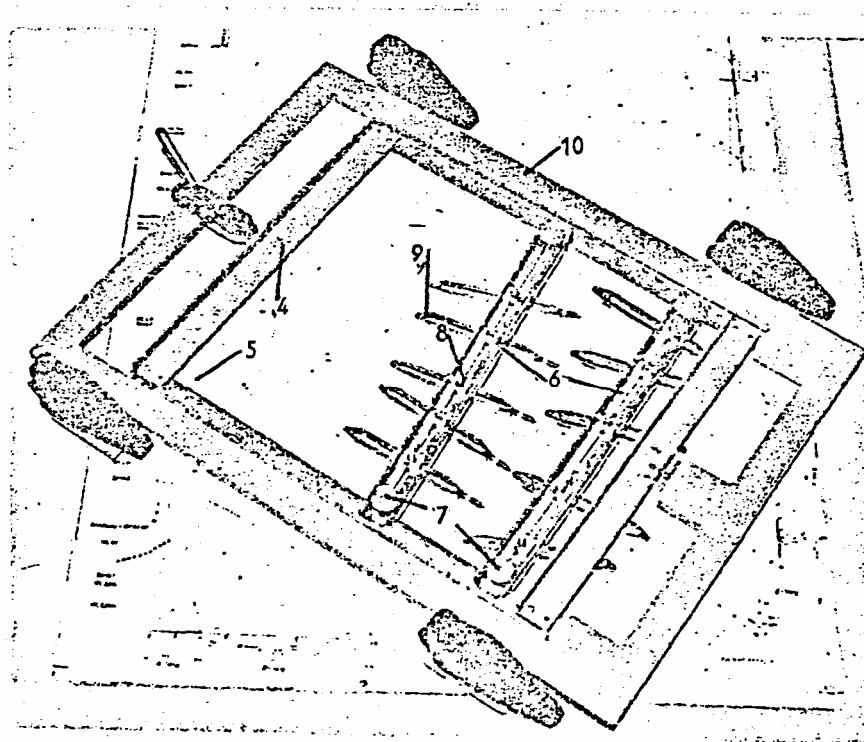


Ilustração 24 – Moldura de máquina de planificar

As diferentes molduras são, depois, colocadas na armação paralelepípedica pela ordem devida e

respeitando entre si o passo de baliza à mesma escala. Nesta altura, a máquina está preparada para receber uma folha de cartolina forrada a alumínio que vai materializar a chapa a planificar. Naturalmente que a folha de cartolina será introduzida no espaço livre entre as pontas das agulhas das barras superiores e os virotes fixados às agulhas das barras inferiores. Há, no entanto, a ter em atenção que a superfície de alumínio deve ficar em contacto com as pontas da agulha das barras superiores.

Faz-se seguidamente saltar uma faísca eléctrica entre a ponta de cada agulha e a superfície de alumínio com o auxílio de um pequeno transformador do qual um dos terminais do secundário se liga a chapa e o outro a uma vareta que se contacta sucessivamente com cada agulha. Cada faísca vai provocar um pequeno pico na folha de alumínio e, portanto, um ponto necessário à planificação da chapa. Esses picos são passados para a superfície de cartolina com o auxílio de um alfinete. A planificação da chapa pode então ser desenhada ligando os diversos pontos encontrados pela ordem devida.

3 Os Elementos Informativos Produzidos na Sala do Risco

A obtenção dos elementos informativos oficiais, referentes ao casco, envolve, de uma maneira geral, duas fases. Numa primeira fase, há que obter a forma da peça e, como vimos nas alíneas anteriores, ou a mesma se copia do Plano Vertical ou é necessário realizar operações auxiliares de traçagem. Numa segunda fase, obtém-se o suporte físico em que a forma da peça se reproduz e executa-se essa reprodução.

No caso particular de peças obtidas a partir de chapas, a Sala do Risco estuda também a melhor distribuição das diferentes peças pelas chapas com o objectivo de reduzir a um mínimo os desperdícios de material.

3.1 *Elementos informativos oficiais destinados à fabricação de peças a partir de chapas.*

Em termos gerais podemos dizer que o processo de fabricação destas peças envolve:

- Corte;
- Enformação.

3.1.1 CORTE

Como analisaremos posteriormente quando nos referirmos à tecnologia do corte, este pode ser realizado por:

- guiamento manual;
- guiamento mecânico;
- comando por célula foto-eléctrica e
- comando numérico.

O corte por guiamento manual exige a realização de uma operação de marcação à escala natural. Essa marcação é realizada através de MOLDES e CÉRCEAS que são colocadas sobre as chapas e passados, com o punção, os seus pontos notáveis. A ligação desses pontos, para se obter a forma da peça e outras referências necessárias às subsequentes operações de montagem, faz-se por batimento de linhas a giz.

Os MOLDES são utilizados para a marcação de peças pequenas. São normalmente de cartão hidráulico. Dado as pequenas dimensões das peças e serem rectos e circulares os seus contornos, o traçado é feito a lápis por construção geométrica sobre o cartão.

As CÉRCEAS destinam-se à marcação de chapas do costado e das superestruturas. Dadas as suas grandes dimensões, não é económico o uso de cartão hidráulico e, assim, constroem-se

molduras de tábuas com uma espessura de ~8mm que cubram as áreas pretendidas. Essas molduras são devidamente travadas e nelas se inscrevem todas as linhas a marcar nas chapas. Para permitir um ajustamento perfeito do punção, são as cérceas furadas, nos pontos notáveis, com uma broca de diâmetro ligeiramente superior ao do punção a usar. Existem vários métodos de passagem do traçado do chão para a cércea. O mais usado consiste na utilização de um virote especial a que se fixaram uma série de "pernas". O virote é ajustado ao traçado e fixado por pesos sobre as extremidades das pernas. Uma vez terminado o ajustamento interpõe-se a cércea entre o virote e o chão, dada a flexibilidade das pernas, e a traçagem faz-se seguindo o virote.

No corte por guiamento mecânico, hoje unicamente utilizado em peças de pequenas dimensões, são utilizados MOLDES. Estes moldes são obtidos como os referidos anteriormente.

O guiamento dos maçaricos de corte é feito manualmente pelo seguimento do contorno da peça, desenhada no molde, pela ponteira do dispositivo copiador.

Usam-se também MOLDES METÁLICOS quando o número de peças a cortar o justifique. Neste caso o contorno pode ser seguido manual ou mecanicamente. É evidente que a realização de um molde metálico envolve a participação de um serralheiro que, para tanto, recebe o respectivo desenho fornecido pela Sala do Risco através da Preparação de Trabalho da Oficina.

No corte por comando por célula foto-eléctrica, a célula segue o contorno da peça a obter.

Os documentos informativos fornecidos neste caso são constituídos pelas CAIXAS, com o contorno de corte à escala 1/10, ou por "SLIDES", em que esse contorno se encontra à escala 1/100.

A utilização de "slides" é possível sempre que a mesa de leitura da célula foto-eléctrica esteja equipada com um projector que permita fazer a projecção do "slide" sob o seu tampo, constituído por vidro fosco, obtendo-se assim, na superfície superior, o contorno à escala 1/10.

A realização de uma caixa envolve o desenho dos contornos das diferentes peças a obter de uma dada chapa. Esses contornos devem estar ligados por "pontes" permitindo que o corte se faça de um só percurso. Na Ilustração 25 representa-se um desses desenhos.

Os desenhos são feitos, à escala de 1/10, com tinta especial sobre folhas de material plástico estável às variações de temperatura e humidade.

Os slides são obtidos por redução fotográfica à escala 1/100 de uma caixa.

É, porém, vulgar utilizar, neste caso, em vez de desenhos, silhuetas das peças, recortadas de folhas de plástico preto, que depois se dispõem e fixam sobre a caixa de modo a obter-se a melhor distribuição. Seguidamente para se conseguir que o contorno total se possa seguir com um só percurso, são as diversas silhuetas devidamente ligadas por "pontes" constituídas por pequenos traços também de plástico preto. A caixa está então apta a ser fotografada.

Este método permite ir criando uma colecção das silhuetas das diferentes peças e daí a possibilidade da sua reutilização. Permite ainda que a operação da distribuição das diferentes peças, sobre a área da chapa a considerar, se faça por arrumação das diferentes silhuetas e, por isso, de uma maneira expedita se consiga, por tentativas, a melhor utilização.

No corte por comando numérico são utilizadas fitas perfuradas ou magnéticas. O processo envolve a utilização de uma unidade computadorizada - O DIRECTOR - que leia as fitas introduzidas e forneça os impulsos necessários para que a máquina de oxicorte actue.

As fitas perfuradas, obedecendo a um código dependente do tipo de director utilizado, podem ser obtidas por perfuração manual ou através de um computador.

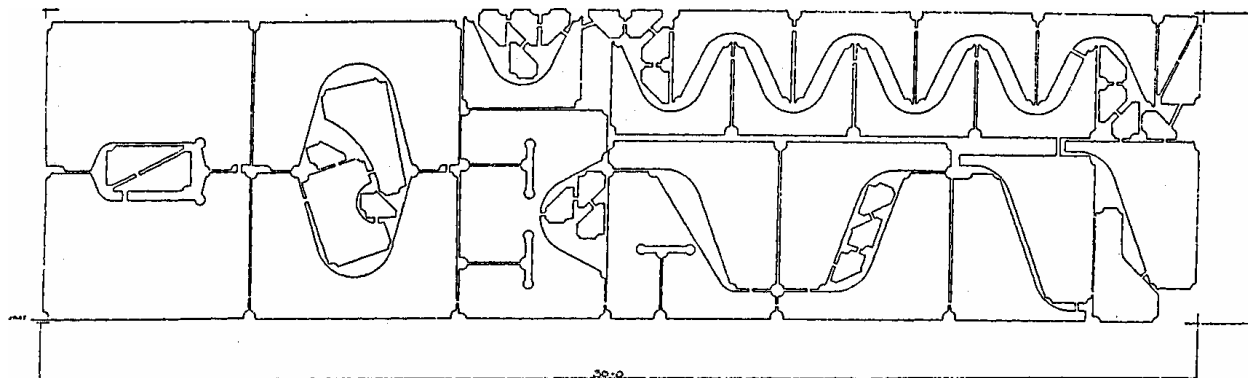


Ilustração 25 – ‘Nesting’ de chapa de aço

3.1.2 Enformação

