



## INVESTIGAÇÃO — DESENVOLVIMENTO NA INDÚSTRIA EXEMPLOS PRÁTICOS \*

*Apresentam-se os conceitos de Investigação e Desenvolvimento na perspectiva da Empresa, particularmente na Quimigal — Divisão de Química Inorgânica e Metais, e parte-se dessa concepção para a metodologia do tratamento de novas oportunidades da Divisão até à sua concretização em projectos de investimento. O Órgão de Desenvolvimento e as suas funções são seguidamente considerados para acentuar a concepção de Investigação anteriormente apresentada.*

*Apesar da diferença dos pontos de vista sobre o termo «Investigação» não deixa de se reconhecer existir complementariedade entre as perspectivas puramente científica e industrial.*

*Como os três termos, Investigação, Desenvolvimento e Investigação/Desenvolvimento têm, do ponto de vista da Empresa, conteúdos diferentes, procura ilustrar-se o nosso pensamento com dois casos reais conduzidos com o recurso a instalações laboratoriais e piloto.*

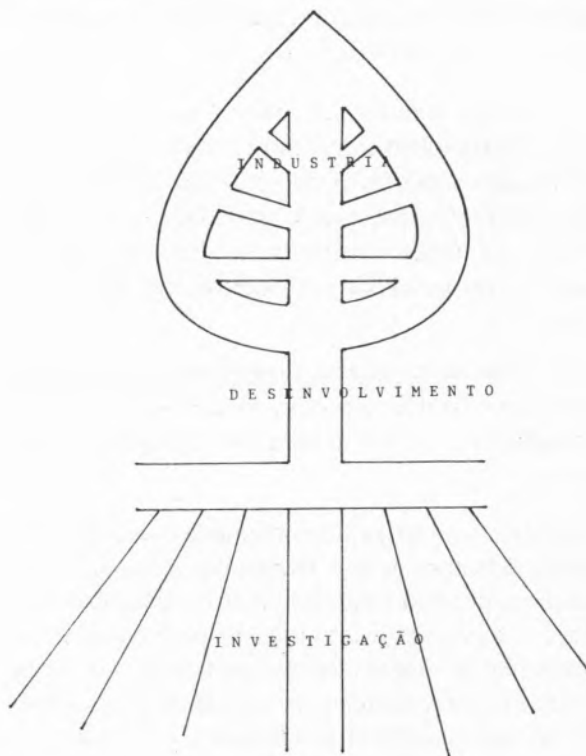
*O primeiro caso foi estudado para aproveitamento de uma matéria-prima não tradicional na Empresa e originou um processo aproveitado mais tarde na luta contra a poluição; o segundo caso tem em vista a recuperação de metais contidos num sub-produto de uma das fábricas da Empresa que quer por motivos económicos quer por problemas de poluição não poderia ser desprezado e para o qual os processos conhecidos não eram perfeitamente exequíveis.*

\* Comunicação convidada apresentada ao 5.º Encontro da Sociedade Portuguesa de Química, Abril 1982, Porto.

### 1 — INTRODUÇÃO

Qualquer projecto industrial assenta na Investigação quer se trate de uma instalação na sua globalidade quer de melhorias a introduzir em instalações existentes.

Numa imagem simplista diríamos que a Investigação está para a Indústria como a Raiz para a Árvore. A Árvore assenta em Raízes por vezes insuspeitadas de tão profundas mas sem as quais a Árvore não teria sido possível. De um modo algo semelhante a Indústria nasce de actos de Investigação também por vezes já tão profundos no tempo e no espaço que dificilmente lhes encontramos relação, mas estão lá. E do mesmo modo que o trabalho incessante da Raiz alimenta a Árvore e o seu fim leva à destruição da própria Árvore, também a Indústria mesmo depois de edificada tem de continuar a alimentar-se do trabalho por vezes mal compreendido da Investigação, senão sobrevem-lhe a estagnação e a morte a prazo.



Um Projecto Industrial não nasce ao acaso mas é fruto de um trabalho consciente elaborado ao longo de várias etapas: Investigação, Desenvolvimento e Indústria. A maneira de a concretizar depende ob-

viamente da dimensão da empresa e da sua política industrial, do conhecimento do produto a obter e do seu mercado potencial, das condições técnicas e económicas do próprio país, do acesso às patentes e ao «know-how».

Não se pretende neste trabalho esgotar a explanação das relações Investigação/Desenvolvimento com a Indústria mas tão somente dar um testemunho de como numa Empresa Química essas relações têm sido consideradas. Ilustraremos este testemunho com exemplos práticos colhidos da realidade de como se encarou a evolução de problemas que se transformaram em projectos de investimento.

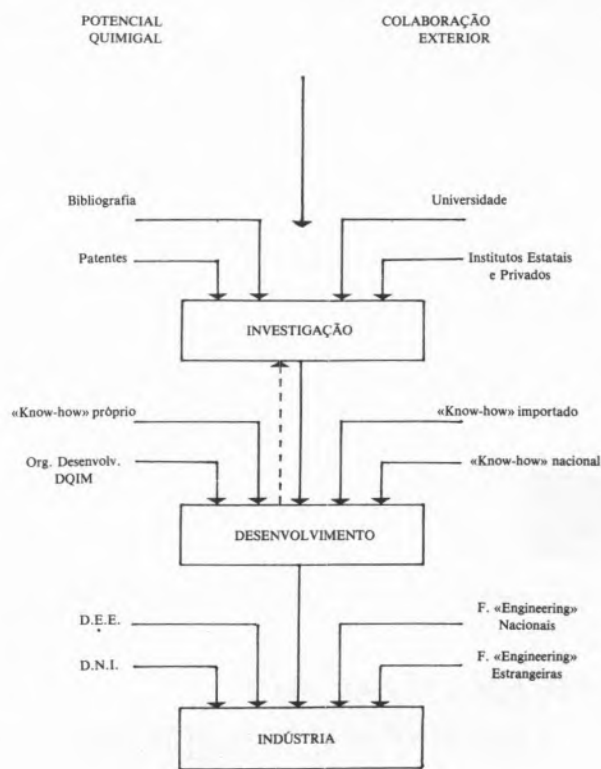
## 2 — A INVESTIGAÇÃO E A EMPRESA

Para considerar a interligação entre a Investigação e a Indústria e alguns dos seus problemas no caso concreto da QUIMIGAL apresenta-se o diagrama seguinte em que do lado esquerdo se referencia a potencial QUIMIGAL e do lado direito a colaboração eventual no exterior à empresa.

De notar que se intercalou, como é normal, uma fase de «Desenvolvimento» entre os extremos da «Investigação» e da «Indústria» e é precisamente nesta fase intermédia que quer a actividade própria dos Órgãos de Desenvolvimento da Empresa quer a colaboração solicitada ao exterior têm sido mais fortes.

Com efeito neste sistema a componente «Investigação» nos seus dois aspectos, na empresa e na colaboração exterior é normalmente reduzida no conjunto.

A palavra «Investigação» pressupõe conceitos diferentes dependentes das finalidades a atingir. Se a Empresa procura uma finalidade de aplicação imediata que permita a resolução de problemas muito concretos (e quase sempre pensando no curto prazo); a Universidade pode pensar na profundidade das causas e efeitos dos fenómenos físicos e químicos procurando ir cada vez mais fundo na compreensão desses fenómenos. Há, assim, a nosso ver, duas mentalidades que embora distintas podem vir a encontrar-se já que não há verdadeiramente uma investigação aplicada sem que tenha havido previamente uma investigação fundamental (por vezes



muito anterior) que permita a compreensão e controlo das variáveis intervenientes no fenómeno. Tendo em vista a sua finalidade própria a Empresa concebe Investigação como investigação aplicada em que busca soluções industrialmente viáveis para a resolução de problemas que possam surgir:

- no aproveitamento de sub-produtos
- na necessidade de encontrar produtos de substituição
- Na procura de novas aplicações para produtos actuais
- no combate à poluição
- na correcção de deficiências tecnológicas em instalações existentes

Esta concepção de investigação que chamamos de «aplicada» e se persegue na Empresa é mesmo assim a tentativa de transposição para a realidade prática dos resultados da Investigação prosseguida nas

Universidades e nos Institutos Estatais e Privados, daí que nos pareça correcta a afirmação de que o encontro das duas mentalidades possa ser altamente construtivo em termos sobretudo nacionais.

Voltando ao diagrama em causa, e colocando-nos sob o ponto de vista da empresa, salientaremos que não há um padrão único para considerar o desenvolvimento de um projecto industrial.

Desde os dois extremos possíveis: comprar a «fábrica de chave na mão» até realizá-la a partir de investigações de raiz são possíveis vários cenários no estudo e evolução do projecto.

No diagrama apresentado incluem-se várias combinações possíveis (e praticadas na QUIMIGAL) para o evoluir de um projecto. Todavia o percurso mais normal desde a «Ideia» à «Fábrica» é o indicado no segundo esquema que procuramos relacionar com o tema em apresentação ou seja a Interligação da Indústria com a Investigação.

Sendo a QUIMIGAL uma grande empresa química multidivisional com actividades diversificadas dispõe de Órgãos vocacionados para a Investigação/Desenvolvimento por áreas de actividade.

Consideraremos aqui a área da indústria química inorgânica que tem como matéria-prima essencial a pirite ou seja a Divisão de Química Inorgânica e Metais (DQIM).

Referenciando-nos ao esquema da sequência de um projecto e procurando relacioná-lo com o diagrama anteriormente referido, diremos que só a fase 2 se inclui no conceito de investigação (e mesmo esta na visão restrita essencialmente prática e dirigida para a resolução de problemas concretos postos pelos novos projectos de expansão ou diversificação das actividades da Empresa).

Os problemas em que mais correntemente intervém a actividade de investigação são os que se realcionam com o aproveitamento de sub-productos e a resolução de questões de poluição e isto porque o Órgão de Desenvolvimento está vocacionado nesse sentido e não tem a dimensão material e humana suficiente para se abalançar ao estudo de Projectos de Investigação complexos.

Os exemplos que se citarão referem-se a casos das situações anteriormente definidas.

Nos chamados grandes projectos em que haja necessidade de recorrer a «know-how» estranho à empresa, esta em caso de processos pouco testados industrialmente realiza muitas vezes ensaios piloto nas suas instalações ou nas da empresa detentora de «know-how», mas acompanhados por técnicos QUIMIGAL, pois é preocupação da empresa a formação de um corpo de especialistas que posteriormente venha a aumentar o «know-how» próprio, como aliás já acontece na maioria das suas actividades industriais.

Uma questão que se levanta muitas vezes é saber se a Indústria deve ou não subsidiar a Investigação quer directamente por intermédio de Órgãos próprios quer indirectamente por colaboração com Universidades e Institutos. Não se põe a questão em termos absolutos, pois não havendo Indústria sem que tenha havido previamente Investigação, a própria opção da modalidade de «fábrica de chave na mão» pressupõe que a empresa pagará «royalties» e «know-how», pelo que mesmo indirectamente, subsidia a Investigação. Poder-se-á, contudo, argumentar que o faz sem risco embora a um custo, talvez mais elevado no investimento do que seria razoável o que no fundo reflecte o pagamento do risco que os outros correram. A questão base é então saber se a Indústria, para determinados tipos de actividades, deverá optar por correr directamente esses riscos mas vindo a chamar a si uma futura independência em «know-how». Também aqui poderiam ser vistas duas posições.

- subsidiar directa ou indirectamente a investigação/desenvolvimento para a obtenção de melhorias em instalações existentes
- subsidiar directa ou indirectamente a investigação quer dos recursos nacionais que permitissem a eventual aplicação futura em projectos de investimento na diversificação das suas actividades; quer investigação fundamental em domínio da Química, da Física e das Operações Tecnológicas.

Julgamos que no primeiro caso está mais vocacionada a própria empresa por intermédio dos seus Órgãos de Desenvolvimento, enquanto que no segundo caso a empresa poderá recorrer mais intensamente a colaboração exterior.

1) IDENTIFICAÇÃO DE NOVAS OPORTUNIDADES	Órgão de
— lançamento de novos produtos	“Marketing”
— produtos de substituição	Vendas
— novas aplicações de produtos actuais	Desenvolvimento
— expansão de instalações	Zonas Produtivas
2) ESTUDOS PRÉVIOS DAS OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS	Desenvolvimento
(incluindo o estudo do processo)	(incluindo o Lab. Desenvolvimento)
	Outras colaborações
3) ESTUDO DE AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÓMICA	Desenvolvimento
	Direcção Financeira
4) ESTUDOS DE LICENCIAMENTO, CADERNO DE ENCARGOS, OBTENÇÃO DE “KNOW-HOW”, PLANO DE FINANCIAMENTO, AVALIAÇÃO ECONÓMICA DEFINITIVA	Desenvolvimento
PASSAGEM DE ENCOMENDAS	
5) ELABORAÇÃO DO PROJECTO	Firma detentora de “know-how”
	Firmas Nacionais
6) CONSTRUÇÃO DA INSTALAÇÃO	Grupo de Trabalho de Gestão do Projecto
	D. N. Instalações

### 3 — O DESENVOLVIMENTO NA DIVISÃO DE QUÍMICA INORGÂNICA E METAIS

#### ORGANIZAÇÃO GERAL

A Divisão de Química Inorgânica e Metais (DQIM) reparte o seu esforço de investigação/desenvolvimento em órgãos diferentes conforme a área de actividade em que se integra o problema a enfrentar.

O Órgão de Desenvolvimento onde por excelência se encontra esta actividade tem por finalidade básica a pesquisa e avaliação de novas oportunidades, a investigação para o desenvolvimento de processos e

produtos, o lançamento dos estudos dentro do âmbito divisional em que se integra. Os produtos básicos para onde se vira esta actividade são

- produtos químicos inorgânicos
- metais não ferrosos e minério de ferro
- derivados de minérios não metálicos

Para atingir os objectivos indicados o Órgão de Desenvolvimento realiza os necessários estudos prévios, ensaios laboratoriais e piloto, estudos de avaliação técnico-económica e trabalhos iniciais de lançamento dos projectos no referente a novos produ-



tos, novos processos de fabrico e novas unidades fabris. Do mesmo modo pode realizar, estudos prévios, ensaios, estudos de avaliação técnico-económica e trabalhos de lançamento no que se refere a melhorias, transformações e expansões de capacidade de unidades fabris existentes.

Para realizar a sua função o Órgão de Desenvolvimento segue normalmente a seguinte metodologia (referenciada já no segundo esquema visto atrás):

- Análise das novas oportunidades identificadas para desenvolvimento dos produtos ou actividades; sua selecção; planificação dos necessários estudos e ensaios
- Estudos prévios e ensaios para avaliação técnico-económica das novas oportunidades tendo em vista:
  - novos produtos
  - produtos de substituição
  - novas aplicações de produtos actuais
  - expansão de instalações existentes
- Coordenação de Estudos de Mercado a realizar por órgãos próprios da Empresa ou exteriores a esta
- Estudos de avaliação técnico-económica dos empreendimentos seleccionados a partir dos estudos prévios anteriormente definidos.
- Estudos vários para o lançamento dos projectos, tais como licenciamentos, elaboração de caderno de encargos, obtenção e cedência de «know-how», coordenação de estudos relativos ao plano de financiamento e a avaliação económica definitiva.

Só após a concretização desta série de estudos a Empresa fica com os elementos que lhe permitam a decisão de lançamento do projecto de investimento. Ao Órgão de Desenvolvimento compete ainda a formação do pessoal químico para a futura condução das novas fábricas e reciclagem do pessoal no activo.

Para a concretização das actividades descritas o Órgão de Desenvolvimento funciona por núcleos de Especialistas individualmente ou em grupos de trabalhos sob a responsabilidade de um Especialista Principal coadjuvado por outros Especialistas e Assistentes.

Como serviços de apoio e «staff» dispõe do Laboratório de Desenvolvimento, Formação de Pessoal e Serviços Administrativos. O organigrama que se segue mostra a constituição actual do Desenvolvimento.

#### 4 — O LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO

Investigação passa pela Experimentação e por isso o Órgão de Desenvolvimento apoia-se no seu Laboratório para realizar esta parte das suas funções. De modo a responder às solicitações que assim lhe surgem o Laboratório de Desenvolvimento está, por sua vez, organizado em

- Laboratório de Ensaios
- Instalações Piloto

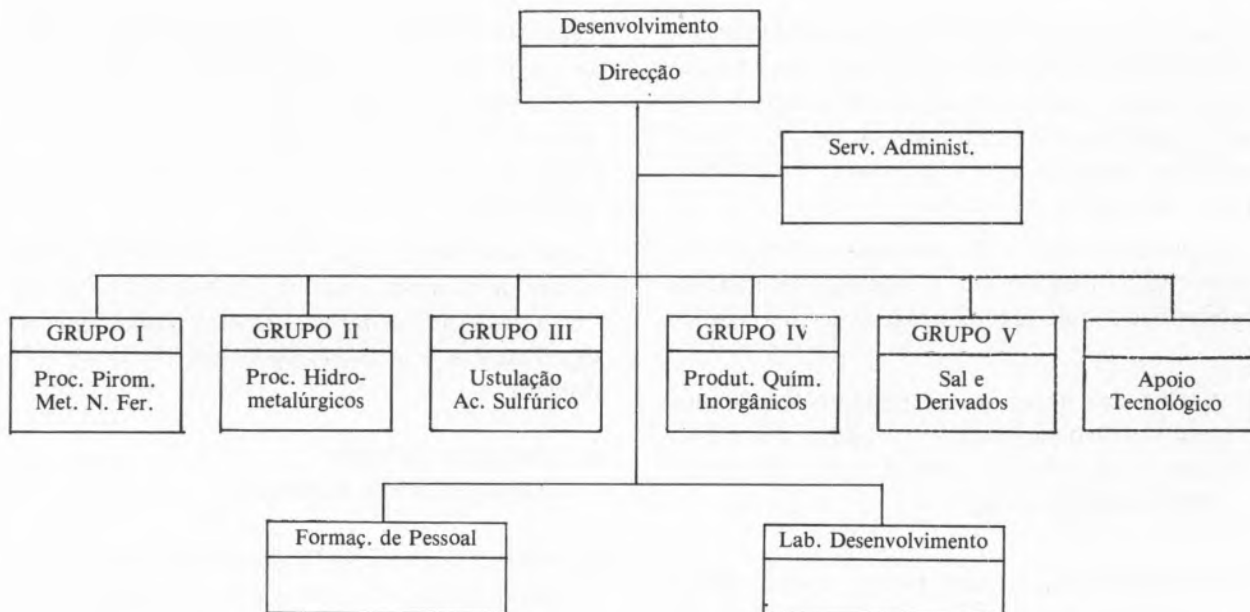
tendo como serviços de apoio

- Laboratório Analítico
- Oficina Mecânica

Os trabalhos que normalmente são cometidos ao Laboratório de Desenvolvimento incluem-se em domínios vários de pirometalurgia, hidrometalurgia, electrólise e tecnologia química. Para a concretização dessas tarefas o Laboratório de Desenvolvimento dispõe de potencial humano e de equipamento relativamente versátil que lhe permite montar pequenas instalações laboratoriais e piloto sem carácter permanente onde se realizam os necessários ensaios. Presentemente estão montadas três grandes instalações respeitantes a:

- tratamento de efluentes cianídricos
- tratamento de lamas de chumbo
- permuta iónica

e uma pequena instalação para a determinação da actividade de catalizadores de pentóxido de vanádio.



## 5 — A ANÁLISE INSTRUMENTAL COMO SUPORTE ANALÍTICO AOS ESTUDOS DO DESENVOLVIMENTO

Uma dificuldade muitas vezes sentida pelas pessoas que executam este tipo de trabalhos reside no controlo analítico dos ensaios. Como logicamente os ensaios intervêm sobre as variáveis do processo na busca de optimização das condições operatórias, o número total de ensaios pode ser elevado e como, por sua vez, os resultados desses ensaios são apreciados por análises químicas, chega-se a um estrangulamento do estudo resultante da morosidade que os métodos tradicionais implicam na análise. Como consequência é vulgar cair-se numa das duas situações igualmente indesejáveis

- programação de ensaios demasiado alargada provando-se mais tarde que desnecessariamente com os custos e atrasos inerentes.
- programação de ensaios cautelosa avançando por tentativas, isto é, aguardando os resultados de uma série de ensaios para programar a seguinte o que pode diminuir o número total de ensaios mas alarga muito o tempo de realização do estudo.

O Órgão de Desenvolvimento debruçando-se sobre este problema estudou as várias alternativas que hoje se colocam aos Laboratórios Analíticos no cam-

po da análise instrumental e optou pela instalação no seu laboratório de um espectrofotometro sequencial ICP. Trata-se de um monocromador que permite a escolha do comprimento de onda do elemento químico a analisar num domínio compreendido entre 1750 e 8800 Å. O sistema é automatizado pelo que a pesquisa das riscas espectrais e toda a condução das análises são efectuadas por um computador elemento a elemento conforme o programa introduzido no computador.

Analisar-se-ão, seguidamente, dois casos práticos sobre a evolução de estudos ocupando as potencialidades de Investigação/Desenvolvimento na DQIM.

## 6 — CASO 1 DESTRUIÇÃO DE SOLUÇÕES CIANÍDRICAS

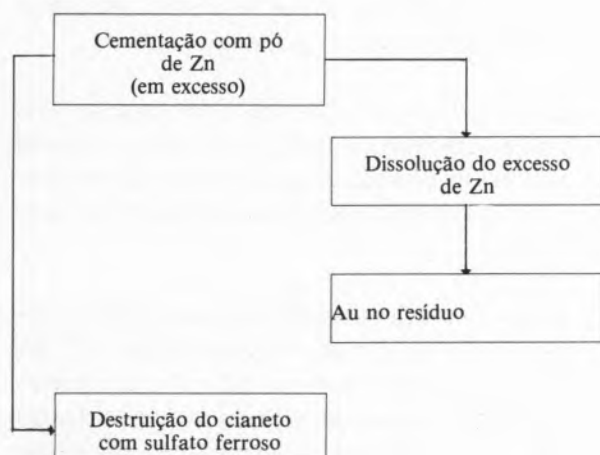
Determinada empresa com necessidade de proceder ao tratamento de soluções cianídricas, com teores de ouro entre 5 a 8 gr/l provenientes de banhos de galvanoplastia e de modo a que a recuperação daquele metal precioso fosse realizada em condições que não implicassem qualquer poluição, contactou com essa finalidade a Divisão Química Inorgânica e Metais. Foi, então colocado ao Órgão de Desenvolvimento o estudo do processo que técnica e economicamente fosse o mais viável para a recuperação do ouro contido pressupondo a destruição completa

do ião cianogénio em condições que eliminassem qualquer risco posterior de poluição.

Seguindo a metodologia habitual procurou-se na bibliografia o processo clássico de efectuar essa recuperação que como é mais ou menos do conhecimento geral se trata de uma cementação com pó de zinco para precipitar o ouro seguido do ataque do cianeto com sulfato ferroso até à formação do ferro-cianeto férrico (o vulgar «azul da Prússia»).

As dificuldades de utilização de tal processo numa dimensão de 2000 litros por tratamento pressionaram a que se procurasse outro processo mais expedito, menos perigoso e mais rentável.

Esquemáticamente o processo era

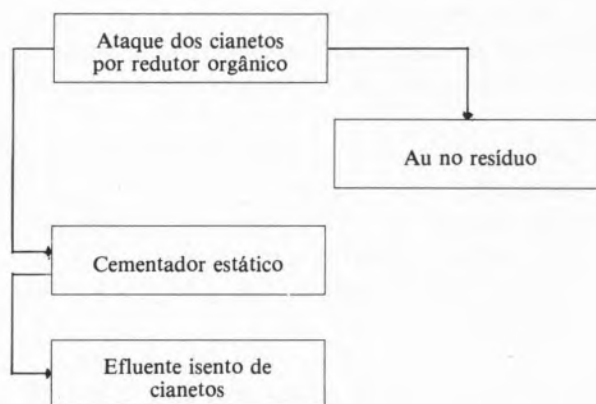


Para resolver o problema encaram-se como soluções possíveis e sucessivamente:

- a já citada cementação com pó de zinco que além das dificuldades resultantes da produção das lamas de azul da Prússia dava um rendimento à volta dos 90% que é considerado baixo para recuperação de ouro, e obrigava à utilização de um excesso de zinco com a consequente dissolução para isolar o ouro
- a cementação com carvão activado que suprimia já a operação de dissolução do excesso do reagente mas cujo rendimento obtido era inferior a 80%
- tentou-se a electrólise directa, impossibilitada pelo excesso de sais de sódio presentes na solução inicial

- finalmente tentou-se, e com êxito, a redução por um redutor orgânico, originando um processo cujo rendimento se situa actualmente nos 99,96% com a vantagem de decompor simultaneamente o ião cianogénio; tal processo foi objecto de patente e está na base da instalação construída para o tratamento de tais soluções.

Esquemáticamente o novo processo pode ser representado da maneira seguinte:



Algumas empresas com problemas de poluição resultantes da existência de efluentes cianídricos, têm recorrido ao Laboratório de Desenvolvimento que desde há cinco anos vem desta forma colaborando com essas empresas pela aplicação do mesmo processo agora para exclusiva destruição dos cianetos.

Nestes cinco anos trataram-se cerca de 30 000 litros de efluentes cianídricos de proveniências diversas o que representa, mesmo assim apenas um pequeno contributo na luta contra a poluição.

Por isso muito ainda se poderá fazer neste campo.

## 7 — CASO 2

### TRATAMENTO DE UM SUB-PRODUTO PROVENIENTE DE INSTALAÇÕES DE PROCESSAMENTO DE CINZAS DE PIRITE

Em determinada fase dos processos de tratamento dos resíduos da ustulação da pirite fabrica-se um sub-produto sob a forma de resíduo de filtração com uma composição química e uma quantidade tais que o seu aproveitamento se torna imprescindível.

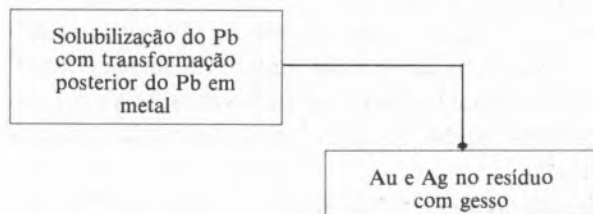
vel para a economia do processo. Com efeito a produção de tais resíduos é de cerca de 4000 t/ano quando em regime com uma composição da ordem de 58% de chumbo, 40 g/t de ouro e 1125 g/t de prata; o chumbo apresenta-se na forma de sulfato. Assim o problema proposto ao Orgão de Desenvolvimento era o de determinar o processo técnico para a recuperação dos três metais com rentabilidade aceitável.

Após estudo e ensaios de processos hidrometalúrgicos há muito descritos na literatura para casos aparentemente semelhantes verificou-se por considerações teóricas que não seriam estes processos os mais indicados pois consistiam em termos gerais, na

- dissolução do chumbo numa solução saturada a quente de cloreto de sódio e cloreto de cálcio o que pressupunha manterem-se insolubilizados no resíduo os metais preciosos em conjunto com o gesso resultante da precipitação dos sulfatos.

A presença deste gesso criava uma dificuldade adicional para a recuperação dos metais preciosos.

Esquemáticamente o processo era:

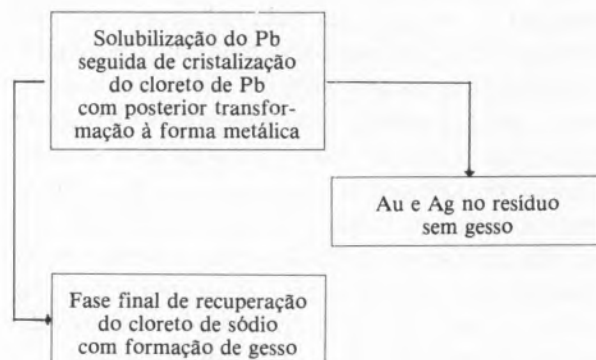


A alteração que imediatamente se impunha ao processo era evitar a formação do gesso nesta fase só o precipitando após a separação do resíduo.

Por força da alteração da composição da lixívia o produto de solubilização do chumbo deixou de ser o cloroplumbato de sódio para ser simplesmente o cloreto de chumbo que se solubilizaria numa solução altamente concentrada do cloreto de sódio a elevada temperatura. No resíduo ficariam os metais preciosos mas agora sem a presença incômoda do gesso.

O cloreto de chumbo teria de ser cristalizado e nas águas-mães desta cristalização se faria a recuperação do cloreto de sódio pela precipitação dos sulfatos como gesso.

Esquemáticamente o "novo" processo seria:

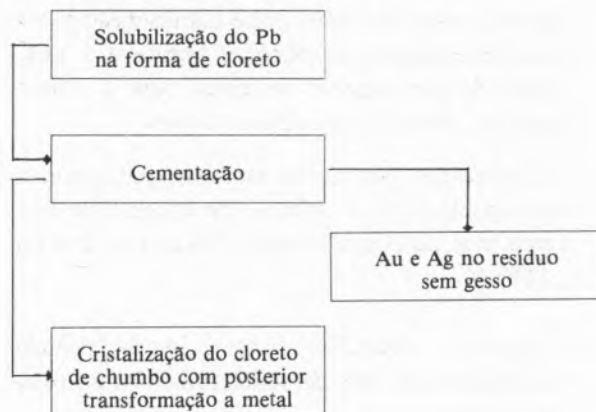


No entanto esta nova versão do processo ainda apresentava diversos inconvenientes bem patentes nos ensaios realizados e que levaram a introduzir novas alterações. Assim verificou-se que:

- era difícil fazer a filtração dos cloretos evitando simultaneamente a cristalização a menos que nos afastássemos da saturação à temperatura de trabalho com perdas evidentes no rendimento.
- surgia uma ligeira solubilização dos metais preciosos que apareciam em quase todas as fracções que se iam separando (soluções de cloretos e sulfatos, águas de lavagem) criando baixas sensíveis na ulterior recuperação desses metais preciosos.

Esta situação originou uma terceira versão do processo em que se procurou evitar a dispersão dos metais preciosos e para isso introduziu-se uma fase de cementação após a solubilização do chumbo.

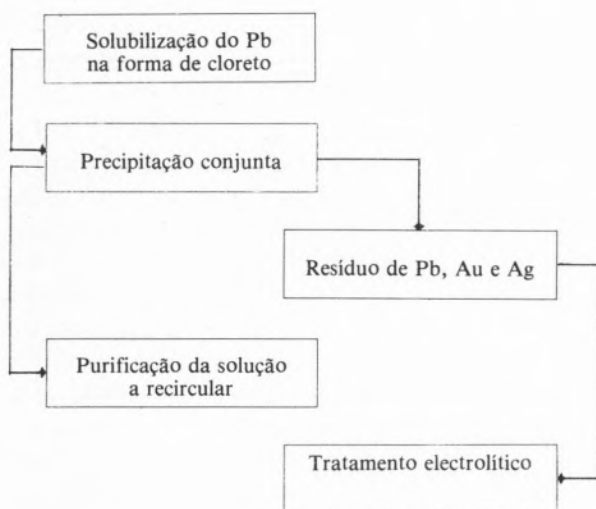
Esquemáticamente a terceira versão era:





Apesar das melhorias conseguidas subsistia a dificuldade do manuseamento de soluções saturadas de cloreto de chumbo a elevada temperatura com riscos de cristalização nos vários componentes do equipamento.

No intuito de evitar esta situação e otimizar energeticamente o processo incidiu-se o estudo sobre as condições da precipitação tendente a conseguir a precipitação conjunta dos três metais. Isso levou ao esquema da quarta e última versão.



Este esquema permitiu a concepção do diagrama linear que serviu de base à construção da instalação piloto onde se realizaram os ensaios que levaram ao estudo de avaliação técnico-económica permitindo a concretização do empreendimento e o tratamento completo no país de mais um sub-produto proveniente da pirite.

Podem assim recuperar-se  
2300 t de chumbo/ano  
150 kg de ouro/ano  
4300 kg de prata/ano.

## 8 — CONCLUSÃO

O objectivo central que se procurou atingir na exposição que acabamos de apresentar era duplo.

Por um lado a apresentação, embora sumária, de como é encarada na QUIMIGAL particularmente na Divisão Química inorgânica e Metais a Investigação/Desenvolvimento e através de alguns exemplos concretos ilustrar as suas potencialidades; por outro lado a ambição de deixar algumas pistas que pudessem contribuir como pontos de reflexão sobre a problemática da Investigação na Indústria. Julgamos ter deixado abertas as seguintes pistas para essa futura reflexão.

- o conceito diverso de Investigação que não deve impedir a mútua compreensão das mentalidades científica e industrial.
- a questão posta perante a Indústria de subsidiar a investigação: uma necessidade sentida ou uma contingência a tentar evitar?
- o interesse, mesmo a nível nacional, que o incremento possível e sempre desejável de uma colaboração entre os Organismos Oficiais (Universidades e outros) e as Empresas Industriais no campo da Investigação aplicada, colaboração susceptível de otimizar o aproveitamento dos respectivos recursos e potencialidades.