



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

Departamento de Física

São Paulo, (Brasil) 12 de Dezembro de 1945

N.

RELATÓRIO DE ESTUDOS EFETUADOS NO DEPARTAMENTO DE FÍSICA DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SOBRE UM PAPEL REGISTRADOR DE IMPULSOS ELÉTRICOS.

O Departamento de Rádio e Sinais da Diretoria de Navegação nos entregou um papel registrador de impulsos elétricos de fabricação Norte Americana solicitando um estudo da composição desse papel e das possibilidades de fabrica-lo no país.

O papel, na forma presente, é utilizado nos eco-batímetros, mas, aparentemente, trata-se dum papel utilizado em larga escala para outros fins de registro de impulsos elétricos, como por exemplo, transmissão de fotografias, desenhos, etc.. Se não nos enganamos esse papel é manufaturado pela Companhia de Telégrafos "Western Union", em primeiro lugar para uso próprio da Companhia e também vendido sob o nome "Teledeltos Paper".

O papel é constituído por três camadas, sendo a camada do centro a mais forte e a mais importante para o funcionamento do mesmo. Essa camada deve possuir uma boa condutibilidade elétrica e uma resistência mecânica satisfatória para suportar a utilização nos aparelhos registradores. A camada do centro é revestida, de um lado, com uma camada fina de alumínio para assegurar um bom contacto elétrico com o dispositivo registrador e, do outro lado o papel é revestido com uma fina camada isolante de cor clara.

O funcionamento básico desse papel registrador é o seguinte: aplicando-se uma diferença de potencial entre os dois lados respectivamente entre a camada central e condutora do papel e uma ponta metálica em contacto com a camada isolante, forma-se uma finíssima faísca que destrói, no lugar da descarga elétrica, a camada isolante. Esta é constituída por um material facilmente combustível. No lugar da descarga aparece então a cor preta da camada central, de maneira que o impulso recebido no dispositivo registrador assinala um ponto preto num fundo claro.

Este princípio do funcionamento e a finalidade das três camadas já nos era evidente antes de começar, propriamente, a análise do papel. Mas nesta e, sobretudo na reprodução do papel, encontramos certas dificuldades provocadas por outros elementos que entram na sua



composição e que descobrimos no curso dos trabalhos a descrever.

Os estudos foram efetuados, em grande parte, em colaboração com a "Companhia Fabricadora de Papeis" cujo Diretor Enr. Samuel Klabin, encarregou o chefe de Laboratorio dessa fabrica, Dr. Halvag para efetuar as análises da composição do papel e, principalmente, para manufaturar uma grande série de tipos experimentais do papel condutor.

Descreveremos agora os resultados obtidos pela "Companhia Fabricadora de Papeis". Os resultados da análise do papel original acham-se reunidos na Tabela I anexa a este Relatório. As camadas de revestimento do papel central são muito finas e os valores das respectivas espessuras são aproximados. A chamada camada branca é a camada isolante; a camada metálica consiste também dum verniz a base de nitro-celulose misturada com pó de alumínio. As duas camadas de revestimento são facilmente solúveis em todos os solventes típicos para vernizes à base de nitro-celulose, por exemplo, acetona ou acetato de amilo, etc.. Uma pequena mecha de algodão embebida nestes solventes tira facilmente os dois revestimentos e, após varias lavagens do papel original com estes solventes, obtivemos a camada central bem isolada.

Queremos antecipar que a composição e a fabricação da camada central constituem, praticamente, os únicos problemas sérios. Uma vez obtido o papel condutor, os revestimentos dos dois lados não oferecem dificuldades essenciais, de maneira que podemos nos limitar a descrever brevemente estes revestimentos.

#### CAMADA METÁLICA

Como mencionámos acima, a camada metálica é formada por um verniz à base de nitro-celulose com pó de alumínio em suspensão. Para assegurar uma boa condutibilidade o revestimento deve ser rico em alumínio e pobre em celulose. Em nossas experiências utilizamos um verniz de concentração comum e diluimos uma parte do verniz com cinco partes do solvente. Este verniz é aplicado em forma de um "spray"; industrialmente utilizam-se máquinas de pintura a pistola. A obtenção de um revestimento uniforme depende duma superfície lisa do papel a revestir. O papel saindo da máquina não possui, geralmente, uma superfície bastante lisa para esse fim. O papel bruto é tratado numa máquina de calandragem cujos cilindros comprimen as fibras do papel aquecido à uma temperatura apropriada e torna a superfície lisa.

A máquina utilizada para manufaturar os papeis experimentais, produziu somente pequenos discos com diâmetro de 18 cm. A calandragem desses discos não é possível, de maneira que não podemos juntar a este relatório anostros dum papel condutor com um bom revestimento.



Mas não existem dúvidas de que o revestimento em escala industrial será facilmente possível. Papeis comuns, revestidos com um camada metálica idêntica, são largamente fabricados no país para embrulhar cigarros, chocolates, etc. No anexo I juntamos algumas amostras.

- a) Mostra a camada metálica do papel americano.
- b) É um dos espécimes do papel condutor que fizemos na máquina experimental, revestido à mão.
- c) É um papel nacional fabricado em larga escala para maços de cigarros. O revestimento tem as mesmas propriedades do papel original. O aspecto é um pouco diferente (mais brilhante) devido ao fundo branco do papel, mas o mesmo revestimento aplicado sobre papel preto terá o aspecto do papel original. A condutibilidade elétrica é um pouco melhor, uma vez que o revestimento nacional contém menos nitro-celulose que o americano.

#### CAMADA BRANCA

Como já mencionamos, o revestimento isolante consiste de nitro-celulose. O verniz aplicado é provavelmente idêntico ao material usado para a camada metálica (naturalmente sem pó de alumínio). A concentração de nitro-celulose na solução empregada pôde ser mais forte e dependerá da máquina utilizada. A relação dos pesos da camada branca e da camada metálica é 8,56 para 3,73. A maior parte da última consiste de alumínio, de maneira que a camada branca contém 8 a 10 vezes mais nitro-celulose que a camada metálica.

Quanto ao processo industrial valêm as mesmas considerações mencionadas na parte anterior quando se trata da camada metálica. Máquinas e técnicas são as mesmas. Aplicamos, manualmente, diversos vernizes industriais à base de nitro-celulose e também colódio (solução de algodão pólvora em álcool e ether em partes iguais). Na aplicação manual o colódio deu os melhores resultados devido a presença de dois solventes de evaporação diferentes, que favorecem a obtenção duma camada turva aparecendo já em pequena espessura bem branca. As camadas obtidas com nitro-celulose apresentavam-se mais transparentes mas a presença de pequenas quantidades de água ou álcool no verniz empregado produziu também camadas brancas dum aspecto idêntico ao do papel original. As amostras feitas à mão mostram as deficiências mencionadas acima devido a superfície pouco lisa do papel bruto. A aplicação com a máquina, utilizando-se um papel com superfície lisa dará, certamente, resultados satisfatórios.



## PAPEL CONDUTOR

O papel condutor é o elemento básico para o bom funcionamento do papel registrador. A condutibilidade elétrica deve ser boa para obter uma corrente relativamente forte na faísca com tensões baixas. O papel original dá impressões nítidas com potenciais de, aproximadamente, 50 volts; nos registradores éco-batímetros utilizam-se, praticamente, tensões de 150 volts.

O papel deve possuir uma resistência mecânica boa, permitindo a sua passagem pelo mecanismo do aparelho registrador sem se rasgar.

O papel deve possuir uma cor bem escura, de preferência preta, para formar um forte contraste com a camada branca de maneira que o registro dos impulsos apareçam nitidamente escuros num fundo branco.

No curso dos trabalhos descobrimos um outro factor importante para o bom funcionamento do papel registrador. O papel deve ser auto-combustível, isto é, conter uma substância que desenvolve oxigênio no lugar de início da combustão de maneira que esta continue sem chama. Tal processo provoca um reforço da impressão inicial produzida pela passagem da faísca. Um tal papel é muito mais sensível que um outro que não seja auto-combustível. O proprio revestimento de nitrocelulose torna o papel, em parte, auto-combustível. Constatamos que o papel norte americano fica auto-combustível mesmo depois de ser retirada a camada de revestimento com acetona. Não sendo possível verificar a natureza da substancia empregada no papel original, utilizamos em nossos papéis experimentais, nitrato de amonio que deu bons resultados. Supomos que o papel norte americano contenha tambem nitratos.

O emprego de nitratos tem mais a seguinte vantagem: a presença de um eletrolyto no papel aumenta bastante a condutibilidade. As medidas da condutibilidade foram efetuadas da seguinte maneira: o disco do papel experimental foi colocado sobre uma chapa metálica; em cima deste disco foi colocado um pequeno bloco de cobre de 10 gr. de peso com uma superficie de 1 cm<sup>2</sup> em contacto com o mesmo. A resistência foi medida entre a chapa suporte e o bloco de cobre. É claro que um material inhomogeneo com o papel não possui uma resistência elétrica definida. Esta varia bastante em diversos pontos do mesmo material e depende muito do grau de humidade e sobretudo do estado de compressão das fibras do papel. Para avaliar a importancia do último factor medimos tambem a resistência com o dispositivo descrito, mas exercendo a pressão de um Kg. na superficie do contacto de um cm<sup>2</sup>. Nestas condições a resistência diminue, geralmente, de 60 até 80 por cento.



De antemão já era claro que o material que torna o papel condutor e que satisfaz as condições mencionadas acima, só pôde ser carvão. Os papéis pretos, comerciais, são feitos com carvão coloidal produzidos por combustão de produtos orgânicos (pó de sapato). Um papel completamente preto (do tipo para embrulhar chapas fotograficas) contem mais ou menos de 3 até 5 % de pó de sapato. Pensamos de início poder trabalhar com uma composição similar mas, constatamos logo que papéis deste tipo possuem uma condutibilidade elétrica da ordem de mil vezes menor que o papel norte americano.

É conhecido que a fumaça desenvolvida na combustão de produtos orgânicos contem, geralmente, substâncias graxosas e pensamos que a alta resistência elétrica dos papéis feitos com pó de sapato é devido a presença de tais produtos de distilação. Experimentamos, por isso, papéis feitos com grafite e também com carvão vegetal ativo de grande pureza e de finíssima dispersão. Em anexo II juntamos algumas amostras dos papéis feitos com essas substâncias em diferentes concentrações. Os resultados foram decepcionantes, a condutibilidade desses papéis não foi superior a dos papéis preparados com pó de sapato. Em concentrações tecnicamente realizáveis os papéis não mostravam uma cor bastante preta, e, devido a auto-combustão deficiente a impressão deixada pela passagem da faísca não ficou suficientemente nítida.

Voltamos, portanto, ao emprego do pó de sapato em concentrações muito altas e consideradas, a principio, impossíveis pelos técnicos da Companhia Fabricadora de Papel. Em vez de preparar papéis com pó de sapato, preparamos, por assim dizer, discos de pó de sapato com fibras de celulose. Preparamos uma grande série desses papéis, variando o conteúdo em celulose entre 66,6% e 40% e, correspondentemente, o conteúdo em pó de sapato entre 33,3% e 60%. Variamos também o conteúdo em nitrato de amônio entre 0 e 1% e constatamos que o conteúdo de 0,1% torna o papel suficientemente auto-combustível.

É claro que papéis preparados com tão altas percentagens de carvão não possuem a resistência mecânica dum papel comum, mas as amostras feitas indicam que a resistência mecânica de papéis feitos com celulose e pó de sapato, em partes iguais, é suficiente para tal finalidade. Para melhorar a resistência mecânica foi experimentado uma celulose especial, particularmente pura e com fibras finas e compridas, que a referida Companhia emprega na fabricação de papéis da melhor qualidade. A condutibilidade e a resistência mecânica dos papéis experimentais feitos com essa celulose são muito satisfatórias; devido a volumosidade dessa celulose o papel possui maior espessura que o análogo feito com a celulose comum mas a sua calandragem em bruto dará um papel menos espesso e firme.



Em anexo III juntamos amostras de papeis feitos com 66% de celulose e 33% de pó de sapato. Amostra a): feito com celulose comum e amostra b) com a mencionada celulose especial. Em anexo IV juntamos amostras de papeis feitos com 50% de celulose e 50% de pó de sapato; finalmente em anexo V papeis com 40% de celulose e 60% de pó de sapato.

Tabela II contem os resultados de nossas medidas de condutibilidade dos diversos papeis experimentais comparados com o papel original. A resistência do ultimo, medida como descrita acima, é de 11.000 ohms e sob pressão de 1Kg./cm<sup>2</sup> de 2.500 ohms. Estes valores são, provavelmente, altos demais. Pela lavagem do papel com acetona, entra, provavelmente, uma parte de nitro-celulose na massa do papel, aumentando a resistência deste. Retirando os revestimentos com papel lixa ( processo que retira, naturalmente, uma parte das fibras) obtivemos 4.000 e 1050 ohms, respectivamente. Este valor dever ser pequeno demais de maneira que o valor certo do papel empregado na fabricação norte americana deve se achar dentro dos limites indicados.

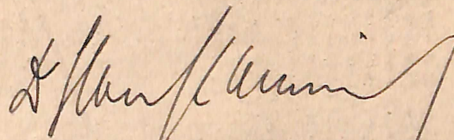
Os valores da tabela II mostram que os nossos papeis experimentais, preparados por exemplo, com 50% de celulose e 50% de pó de sapato e 0,1% de nitrato de amônio possuem uma condutibilidade certamente não inferior ao do papel americano.

Antes de terminar queremos sublinhar mais um factor importante. Nossos papeis experimentais, e, tambem os papeis eventualmente a fabricar pela "Companhia Fabricadora de Papel", em escala industrial, são feitos como a quasi totalidade de papeis comuns em máquinas com rêsdes planas. Nessas máquinas toda a quantidade da celulose que formará o papel é levada na rêsde e forma depois da evaporação da água o papel. Para papeis especiais existem tambem máquinas com rêsdes cilíndricas onde o papel é produzido em camadas sucessivas. Constatamos que o papel americano é feito numa máquina do ultimo tipo. As razões devem ser as seguintes - um papel feito em máquinas de rêsdes planas contem as fibras de celulose orientadas devido a direção do movimento da massa do papel na máquina; o papel produzido em máquinas de rêsde cilíndricas tem as fibras desorientadas e possuem, em consequência, uma resistência mecânica superior em todas as direções.

Razões de ordem económica indicam tambem a utilização duma máquina de rêsdes cilíndricas. Os supórtes da massa de papel que consistem de feltro de lã pura são relativamente caros e ficam, provavelmente, inutilizados para a fabricação de papeis comuns depois da passagem de uma massa de papel com um conteúdo tão elevado de pó de sapato. A substituição dos feltros duma máquina de rêsdes cilíndricas é mais económica



sendo estes de tamanho menor; preparando a primeira camada - produzida no primeiro cilindro - com uma fraca percentagem ou mesmo sem pó de sapato (papel de seda finissimo) protegerá esta os feltros dos cilindros posteriores de maneira que o risco limita-se na substituição do feltro do primeiro cilindro.



---

Dr. Hans Stammreich



TABELA 1

Papel bruto (camada branca junto com papel preto e camada metálica).	Peso 94.4 gr/m <sup>2</sup>	Espessura 0,09 mm.	Cinza 6,8%	Observações A amostra apresentada é combustivel.
Só a camada branca	8.56 gr/m <sup>2</sup>	0,01 mm		Constituído á base de nitro-celulose.
Camada metálica	3.73 gr/m <sup>2</sup>	Menos que 0,01 mm		Provavelmente também constituído á base de nitro-celulose. Quanto aos pigmentos metálicos trata-se de alumínio.
Papel preto	82 gr/m <sup>2</sup>		1,98% cor pouco amarelada.	O papel é constituído de camada bem finas (parecidas ao papel de cigarros), de papel preto. Não foi possível verificar a quantidade de camadas. Este papel, sem as camadas metálicas e brancas, é também combustivel. Os pigmentos deste papel são provavelmente carvão e não grafite, visto que se deixa encinizar bem, sem resíduos típicos do grafite preto. As fibras são constituídas 100% de celulose.



TABELA 2

Composição do papel em %			Resistencia em $\Omega$ Superfície de contacto 1 cm <sup>2</sup>		Amostra veja anexo
Celulose	pó de sapato	nitrate de amonio	Pressão		
			10g/cm <sup>2</sup>	1kg/cm <sup>2</sup>	
66,6	33,3	----	8000	2500	
"	"	0,1	7000	2500	III a
"	"	1	3000	900	
id. especial	"	0,1	2500	500	III b
57	43	----	7000	1800	
"	"	0,1	4500	1200	
"	"	1	2200	700	
id. especial	"	0,1	1500	600	
50	"	----	5000	1500	
"	"	0,1	2000	900	
"	"	1	1500	500	IV a
id. especial	"	0,1	1400	400	IV b
45	55	----	2500	800	
"	"	0,1	2000	500	
"	"	1	1500	400	
id. especial	"	0,1	1500	400	
40	60	----	1700	600	
"	"	0,1	1700	600	V a
"	"	1	1300	500	
id. especial	"	0,1	950	350	V b
Papel original depois de retirado os revestimentos com acetona			11000	2500	
Idem superfície limpa com papel de lixa			4000	1050	