



O desenvolvimento da tecnologia do concreto no Brasil

*Fernando Luiz Lobo B. Carneiro (*)*

Resumo

O artigo é uma palestra proferida pelo Autor no Instituto Nacional de Tecnologia, por ocasião do 100.º Curso de Tecnologia Básica do Concreto. Abrange o período que vai de 1927 a 1967, abordando os projetos estruturais pioneiros de Emilio Baumgart, os primeiros boletins informativos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, os estudos desenvolvidos no mesmo Instituto quando dirigido por Ary Torres, e os trabalhos realizados no Instituto Nacional de Tecnologia (a instituição da normalização técnica no Brasil graças a Paulo Sá, o método INT de dosagem de concretos, o ensaio da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos).

1. Introdução

Atendendo a honroso convite da Associação Brasileira de Cimento Portland e do Instituto Nacional de Tecnologia, vou falar-vos, nesta solenidade de abertura do 100.º Curso Intensivo de Tecnologia do Concreto, sobre o desenvolvimento da tecnologia do concreto no Brasil. Será abordado nesta palestra o período de cerca de quatro décadas, iniciado em 1927 com os grandes projetos estruturais pioneiros de Emilio Baumgart e com a publicação dos primeiros boletins do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, relativos à dosagem dos concretos e aos ensaios de concretos e de cimentos. Limitar-me-ei a esse período, 1927 a 1967, porque foi nele que, a partir de 1935, tive a oportunidade de participar mais ativamente do desenvolvimento da tecnologia do concreto, como engenheiro pesquisador do Instituto Nacional de Tecnologia. O intenso desenvolvimento verificado posteriormente, nos últimos quinze anos, será abordado neste curso por outros professores, que estão vivendo este novo período e para ele contribuindo com sua atividade criadora.

Abstract

The article is a colloquy, uttered by the author in the National Institute of Technology (INT) on the occasion of the 100th Course of Basic Technology of Concrete. It comprises the period 1927-1967 and includes the pioneer structural projects of Emilio Baumgart, the first informatory bulletins of the Institute of Technological Research of S. Paulo and the studies developed at that Institute when directed by Ary Torres, the works executed at the INT (the establishment of technical normalization in Brazil thanks to Paulo Sá, the INT method of concretes dosing, the tensile strenght testing by diametrical compression of cylindrical bodies).

2. Emilio Baumgart

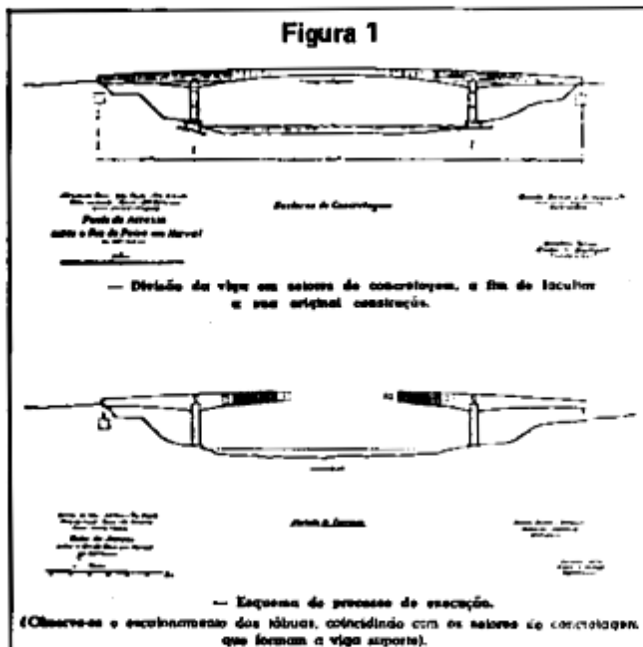
O primeiro contacto que tive com a tecnologia do material-concreto foi em 1928, quando ainda era ginasião, com 15 anos de idade. Meu pai, o engenheiro Otavio Carneiro, dirigia a fiscalização da construção do Edifício A Noite na Praça Mauá, onde hoje funcionam várias dependências do MIC. A estrutura desse edifício foi projetada por Emilio Baumgart. Foi esse o primeiro "arranha-céu", ou "edifício alto", como se diz hoje, construído em concreto armado, em todo o mundo. Naquela época só havia "arranha-céus" de 20 ou mais andares em outros países, e todos com estrutura metálica. O Edifício A Noite tem cerca de 100 metros de altura: 20 pavimentos com "pé-direito" de 4,5m, e mais o térreo. O sistema de contraventamento adotado foi extremamente original para a época: dois septos transversais, isto é, duas paredes verticais, indo do térreo ao 14.º pavimento, às quais as lajes, funcionando como diafragmas horizontais, transmitem a ação do vento.

Pois bem, lembro-me, em visita à obra, levado por meu pai da aplicação sistemática do processo conhecido como "slump-test" (cone de Abrams), para controle de consistência. Dele ouvi, pela primeira vez, uma explicação sobre a importância do fator água/cimento. É provável

(*) *Professor da Escola de Engenharia e da COPPE/UFRJ; Chefe do Departamento de Mecânica Técnica da Escola de Engenharia da UFRJ; ex-engenheiro-tecnologista do Instituto Nacional de Tecnologia e pesquisador-conferencista do CNPq.*

que na construção do Edifício A Noite tenha sido adotado, pela primeira vez no Brasil, em uma grande obra algum tipo de controle tecnológico de execução de concreto.

Emilio Baumgart foi também autor, na mesma época, de outro projeto estrutural pioneiro, que adquiriu fama internacional, a ponte do Herval, sobre o Rio do Peixe, em Santa Catarina. Foi ao mesmo tempo o record mundial de ponte rodoviária em viga reta (vão central de 68m), e a primeira estrutura de ponte de concreto armado construída pelo processo de "balanços sucessivos", sem escoramento. Quando em 1964, realizei na França um estágio de concreto protendido, engenheiros franceses me relataram que um pedido de patente de uma grande empresa alemã, para esse tipo de execução, fora derrubado por único documento: uma página do "Beton Kalender" com uma fotografia e o desenho do esquema construtivo da ponte do Herval. (Figura 1).



[Ver desenho ampliado no final](#)

BETON-KALENDER

YRSCHENBUCH FÜR DEN
BETON- U. STAHLBETONBAU

4.21 Freivorbau in Stahlbeton

Abb. 121 zeigt die Brücke über dem Rio do Peixe, Brasilien (1930), eine Traghölzer mit drei Feldern, deren Hauptöffnung im Freivorbau erstellt wurde. Das Rechteckquerschnitt der Hauptträger wurde in 1,50 m langen Abschnitten hergestellt, wobei die anstehende Schalung tragendes Element war. Quertträger

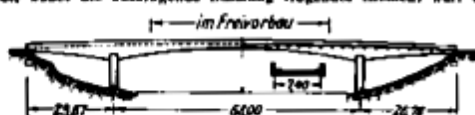


Abb. 121

und Fahrbahnplatte wurden erst nach Fertigstellung der Hauptträger, d. h. nach dem Zusammenschluß im Scheitel angeführt. Das zusätzliche Gewicht wirkt also auf das endgültige System des Durchlaufträgers. Die Brücke wurde für eine Dampfdruck- und eine Gleichstromlast von $0,4 \text{ t/m}^2$ bemessen [72].

Nota: A flexibilidade de algumas partes das figuras deste artigo provém do fato de tais figuras serem reproduções de originais nem sempre em bom estado.

Em 1934, ano em que me formei em engenharia civil pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, estagiei longamente no escritório Emilio Baumgart — o primeiro escritório de consultoria criado no Brasil. Era uma figura extraordinária, como técnico criador e como personalidade humana. Deve-se indiscutivelmente às novas exigências criadas pelos projetos estruturais de edifícios e pontes de Emilio Baumgart e sua escola de engenheiros calculistas, o impulso inicial que conduziu ao desenvolvimento da tecnologia do concreto no Brasil (ref. 11).

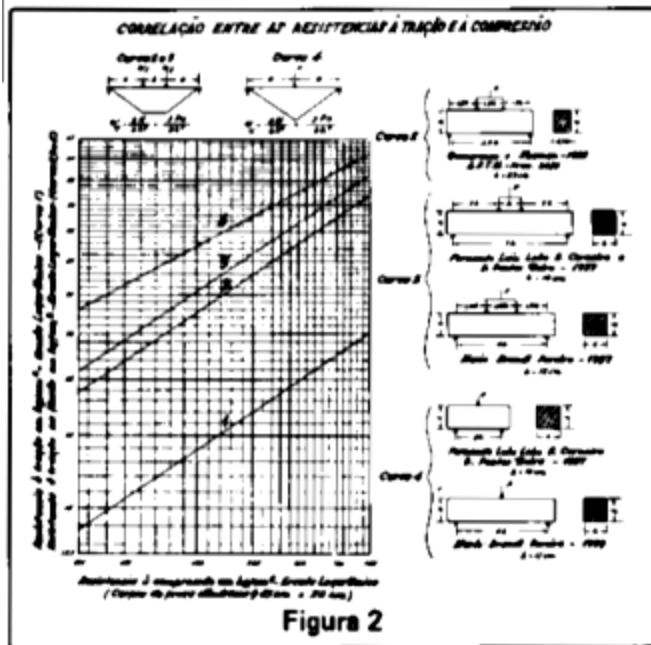
3. Ary Torres e o I. P. T. de São Paulo

A dosagem e o controle da execução dos concretos tiveram como marco inicial, no Brasil, os estudos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, dirigidos por Ary Torres (ref. 1, 2, 3). Nos Boletins n.º 1 e 3 do IPT foi lançado entre nós o processo de dosagem baseado nos trabalhos de Abrams, também conhecido como processo de "módulo de finura". No Boletim n.º 11 foi proposto um novo método para ensaio normal de cimento, posteriormente transformado na norma brasileira MB-1 da ABNT. Graças aos trabalhos de Ary Torres, tornaram-se correntes, entre nós, os princípios básicos da dosagem de concretos, e especialmente a relação entre a resistência à compressão e o fator água/cimento, e generalizou-se o emprego de corpos de prova cilíndricos, para a determinação dessa resistência.

Em 1935, logo no início de minha carreira de engenheiro do Instituto Nacional de Tecnologia, fiz um estágio no IPT de São Paulo, sob a direção do Engenheiro Romulo de Lemos Romano, e foi com Gilberto Molinari, que também naquela época iniciava sua carreira de pesquisador, que aprendi as técnicas relacionadas com o novo método de ensaio de cimento. Mario Brandi Pereira era também engenheiro do IPT. Pouco tempo depois iniciamos, Mario Brandi do IPT e eu, com Domingos de Pontes Vieira, no INT, pesquisas sobre a correlação entre as resistências do concreto à tração na flexão e à compressão. Os resultados obtidos foram impressionantemente concordantes (ref. 6 e 7, citadas em ref. 9, p. 66 e ref. 12 p. 112). (Figura 2).

4. Paulo Sá e a Associação Brasileira de Normas Técnicas

Deve-se indiscutivelmente ao espírito criador e à visão de Paulo Sá, a instituição da normalização técnica no Brasil, que teve papel decisivo no desenvolvimento da tecnologia do concreto entre nós. Já em 1937, por sua iniciativa, realizou-se a 1.ª Reunião dos Laboratórios Nacionais de Ensaio de Materiais, na qual, por proposta do Instituto Nacional de Tecnologia, foram aprovadas, como Normas Brasileiras, as primeiras especificações e métodos de ensaio elaborados pelo IPT de São Paulo para cimento e concreto: a EB-1



(especificação para cimento portland comum), e os métodos MB-1 e MB-2 (ensaio normal de cimento e moldagem e cura de corpos de prova para determinação da resistência à compressão dos concretos). Na Reunião de 1939, foram aprovadas outras Normas Brasileiras, referentes a agregados para concretos, e finalmente, na Reunião de 1940, foi fundada a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. A adoção da primeira Norma de Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado – a NB-1 foi o passo mais importante na evolução da normalização técnica no Brasil. Essa norma foi baseada em duas iniciativas anteriores, a da Associação Brasileira de Concreto, dirigida por J. Furtado Simas, e a da Associação Brasileira de Cimento Portland, elaborada por Telemaco van Langendonck.

Paulo Sá foi também pioneiro, entre nós, na introdução de critérios estatísticos para o estudo de segurança das obras (ref. 4). Sob sua orientação iniciou-se no INT a aplicação sistemática da estatística ao controle da execução de concretos em grandes obras. O primeiro trabalho publicado sobre essa aplicação é de autoria de Alberto Pastor de Oliveira e data de 1939 (ref. 8): tratamento estatístico dos resultados de ensaios de compressão de 600 corpos de provas retiradas da obra do Edifício do Ministério do Trabalho, na Esplanada do Castelo, Rio de Janeiro. Na ref. 12, p. 96, estão apresentados os tratamentos estatísticos e resultados de resistência à compressão desse e de outro grande edifício público, e dos resultados de resistência à tração na flexão de duas importantes pistas de concreto de aeroportos.

O controle do concreto de pistas de aeroportos era então realizado por meio de ensaios de tração na flexão. Durante a guerra, juntamente com Paulo Maurício Pereira, que foi depois diretor do INT, tive ocasião de colaborar com a Comissão

Militar Mixta Brasil-Estados Unidos, tendo sido muito utilizado esse tipo de controle. (Figura 3).

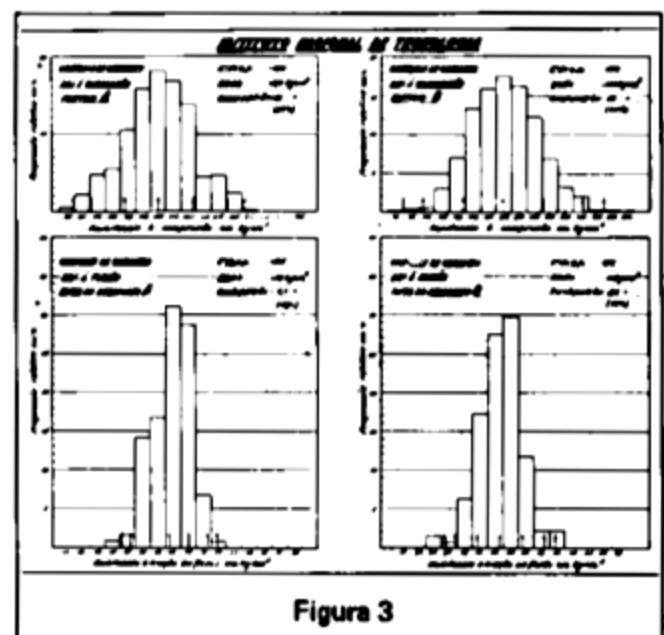
Em 1960, foi publicado por Gilberto Valle um trabalho de síntese, em que foram analisados estudos estatísticos de obras do então Distrito Federal (ref. 15).

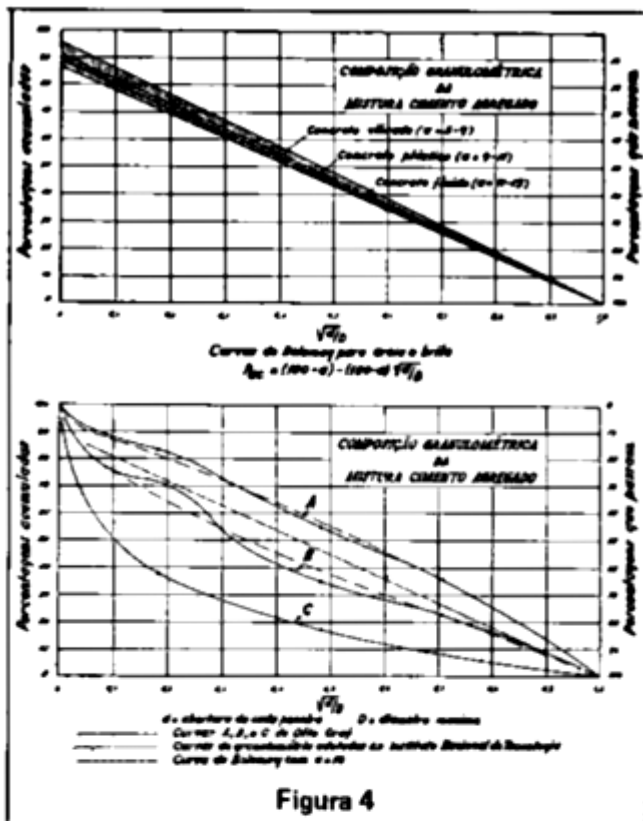
Foi assim, graças aos estudos resultantes do impulso dado por Paulo Sá, que a Norma Brasileira NB-1, em sua revisão de 1960, antecipou-se à primeira Norma Internacional do Comitê Europeu do Concreto (1963), na adoção de uma “resistência característica”, em lugar da resistência média ou nominal, como valor básico para a verificação da segurança (ref. 16).

5. O método INT de dosagem de concretos

Ao tentar aplicar o processo de dosagem do IPT de São Paulo (do módulo de finura), aos materiais usados no Rio de Janeiro, encontramos dificuldades. O agregado grosso usado geralmente em São Paulo era um pedregulho do rio Tietê, ao passo que no Rio de Janeiro ter-se-ia de usar misturas de britas de vários tipos. Além disso, eram freqüentes no Rio de Janeiro areias muito finas. O processo do módulo de finura deixava indeterminadas as percentagens das diversas britas que deveriam compor o agregado graúdo, e não indicava como corrigir na mistura final as deficiências granulométricas da areia.

Tentamos então, e com relativo êxito, aplicar o processo das curvas granulométricas, ou melhor, das faixas granulométricas, descrito na obra “Der Aufbau des Mortels un des Betons” de Otto Graf. Como tínhamos necessidade de dosar concretos com vários diâmetros máximos, surgiu o problema de generalizar as curvas de Otto Graf, construídas para um único diâmetro máximo (o de 30mm em peneira de furos circulares, correspondente





aproximadamente ao de 21 mm em peneiras de furos quadrados). Além disso era necessário converter peneiras de furos circulares, usadas na Alemanha, em peneiras de furos quadrados, da série Tyler, usadas no Brasil. Para resolver o problema, tentamos então, e também com relativo êxito, empregar a representação adimensional de Boloney: com a adoção da variável adimensional $\sqrt{d/d_{\max}}$, em lugar de d (abertura de cada peneira), as curvas de granulometria correspondentes a vários diâmetros máximos coincidem. (Figura 4).

Além disso, as faixas de granulometria de Otto Graf, que incluem o cimento (granulometria da mistura cimento-agregado) atendiam de modo aproximado à constatação de Abrams de que nos traços mais ricos a percentagem de areia no agregado total deve ser menor que nos mais pobres; e a representação adimensional de Boloney à constatação também feita por Abrams, de que a percentagem ótima de areia no agregado total é tanto menor quanto maior o diâmetro máximo. Com relação ao processo de adensamento, a faixa granulométrica correspondente ao adensamento vibratório corresponde a uma maior preponderância de grãos grossos.

Surgiu assim o processo de dosagem descrito nas ref. 5 (Dosagem de Concretos Plásticos, INT, 1937) e 9 (Dosagem de Concretos INT, 1943, 2.ª ed. 1953). Esse processo passou a ser muito utilizado não só no Rio de Janeiro, como em outras partes do território nacional, sendo conhecido com a designação "método do INT" (ref. 14 e 20).

A determinação do "traço" (relação agregado/cimento) em função do fator água/cimento e da consistência, é baseada em uma regra muito simples: para uma dada consistência, adequada a um determinado tipo de adensamento, e uma dada granulometria da mistura cimento/agregado, a percentagem total de água, A/%, referida ao peso dessa mistura (materiais secos) é aproximadamente constante.

Há muitos processos de dosagem, e o "método INT" é um deles. Em geral os processos apresentados pelos vários autores, como por exemplo o de Abilio Caldas Branco, são bons, mas com uma condição: devem ser considerados como capazes de fornecer apenas uma "primeira aproximação" do traço, suscetível de correção, e que portanto deve ser sempre submetida à "prova final" de uma mistura experimental. Se, com o traço determinado pelo processo de dosagem adotado, a consistência ou a trabalhabilidade da mistura experimental não for a prevista, será necessário, mantendo o fator água/cimento, corrigir as quantidades de agregado adicionadas, por meio de tentativas. Essa restrição foi sempre indicada com clareza nas referidas publicações do INT (ref 5, p. 39, item e; ref. 9, p. 96, item 8).

6. O ensaio da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos

Esse ensaio, descrito nas ref. 10 e 13, é hoje adotado internacionalmente, inclusive pela ASTM, pela RILEM, e, mais recentemente, pela ISO, com as designações "ensaio de tração indireta" ou de "tração por fendilhamento". É também designado nos laboratórios estrangeiros como "ensaio brasileiro" ("essai brésilien, brazilian test").

A seguir são transcritos alguns dados extraídos de um relatório apresentado ao antigo prefeito do Rio de Janeiro, Henrique Dodsworth, nos quais se descreve a história desse método.

A igreja de São Pedro, localizada na antiga Rua de São Pedro com a Rua dos Ourives (Miguel Couto), era um pequeno templo construído na primeira metade do século XVIII entre 1733 e 1741. Foi a primeira igreja com traçado curvilíneo em planta a ser construída não só no Brasil como na América Latina, seguindo-se a ela as igrejas de Nossa Senhora do Rosário dos Pretos em Ouro Preto, e de São Pedro, em Mariana. Na igreja de São Pedro do Rio de Janeiro pregou o famoso orador sacro Frei Mont'Alverne, e nela foi sepultado o grande compositor Padre José Maurício.

Em 1943, com a decisão da abertura da atual Avenida Presidente Vargas, foi cancelado o

tombamento do templo, e decidida a sua demolição. No entanto, tendo em vistas o seu valor histórico, o então prefeito do Distrito Federal, Dr. Henrique Dodsworth, tomou a iniciativa de encomendar a uma empresa especializada, a Estacas Franki Ltda., o estudo da possibilidade de remoção do edifício para uma distância de cerca de 100 metros, evitando-se assim a sua demolição. Segundo esse estudo, a igreja seria rolada sobre 100 rolos de concreto em 30 cm de diâmetro e 120 centímetros de comprimento, revestidos com chapa de aço de 9mm de espessura.

Preliminarmente seriam executadas, por pequenos trechos alternados, vigas de concreto nas bases das paredes do edifício, que eram de alvenaria, com 1,50 a 2 metros de espessura. Os trabalhos de escavação seriam executados com precauções especiais. O peso total da igreja era de 6900 toneladas, e a força horizontal necessária para deslocá-la foi avaliada em 380 toneladas. Seria realizada pela ação de macacos hidráulicos.

Infelizmente os exames realizados nas alvenarias da igreja levaram à conclusão de que a probabilidade de remover o edifício, sem desmoronamento até a sua nova localização, era reduzida.

Como parte dos estudos de que fora incumbida, a empresa Estacas Franki Ltda. solicitou ao Instituto Nacional de Tecnologia que realizasse os ensaios dos rolos de concreto, sobre os quais deveria mover-se a igreja. Tais ensaios foram executados no Instituto Nacional de Tecnologia, sob a minha orientação, por determinação do engenheiro Paulo Sá, que chefiava a então Divisão de Materiais de Construção daquela Instituição. Nos ensaios verificou-se que a ruptura se dava por tração, segundo o plano diametral em que atuavam as forças de compressão. Tal resultado era imprevisível, e levou-nos a um estudo teórico do problema. Esse estudo conduziu a uma nova pesquisa destinada a ter repercussão internacional: a criação de um novo método para a determinação da resistência à tração dos concretos por meio de ensaio de compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

O novo método foi apresentado à 5.ª Reunião da Associação Brasileira de Normas Técnicas, em setembro de 1943, através de uma comunicação registrada nas p. 126/129 dos respectivos anais (ata da 3.ª sessão, em 16 de setembro de 1943). Dez anos mais tarde, em 1953, ficou se sabendo que, por singular coincidência, o pesquisador japonês Tsuneo Akazawa chegara independentemente aos mesmos resultados em Tokio, em novembro de 1943, cerca de 2 meses após a comunicação do engenheiro Fernando Luiz Lobo B. Carneiro. A essa época as comunicações entre o Brasil e o Japão estavam interrompidas por causa da guerra.

Em 1947 foi fundada em Paris, a RILEM (Reunião Internacional dos Laboratórios de Ensaio de Materiais), por iniciativa do engenheiro francês Robert L'Hermite, e com a participação do engenheiro Ernesto Lopes da Fonseca Costa, então Diretor Geral do Instituto Nacional de Tecnologia. A pedido do Engenheiro Fonseca Costa, redigi, em francês, uma memória intitulada "Une nouvelle méthode pour la détermination de la résistance à la traction des bétons". A essa memória, apresentada em Paris em junho de 1947, deve-se a difusão não só na Europa, como nos Estados Unidos e diversos países da América Latina, do novo método. A memória foi mais tarde publicada, em março de 1953, no "Bulletin de la RILEM" n.º 13 (p. 103/127). Incluía também um trabalho do engenheiro Aginaldo Barcellos sobre a correlação entre as resistências à tração e à compressão do concreto. (Figura 5).

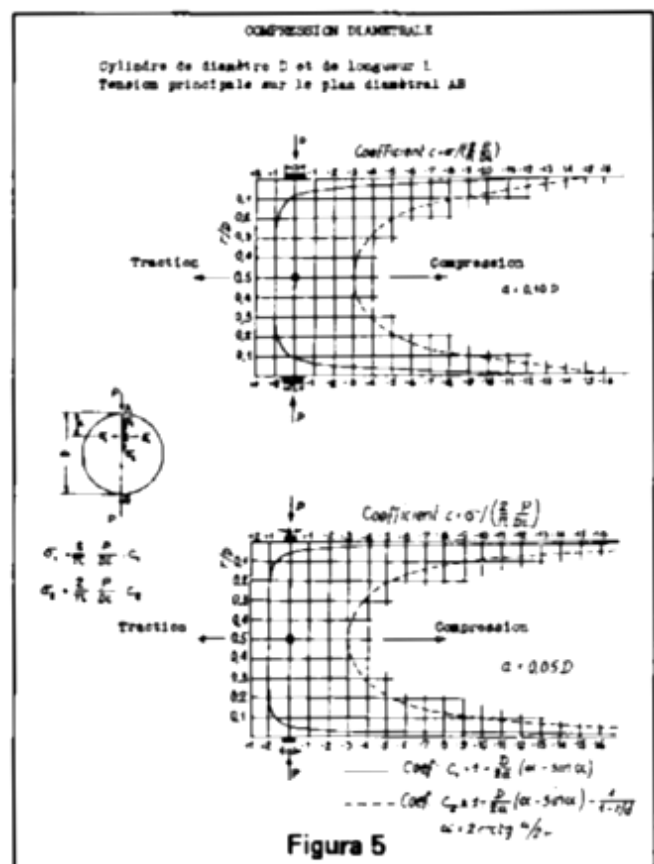


Figura 5

Na ref. 13, p. 20, encontra-se descrito o "fio da meada" que foi a base do novo método. As tensões principais de tração que ocorrem no plano diametral com valor constante ao longo de cerca de 70% do diâmetro, calculadas pelas conhecidas fórmulas da teoria da elasticidade, coincidiam, nos ensaios dos rolos, com impressionante aproximação, com as resistências em ensaios diretos de tração obtidos por Gonnerman e Schuman (ref. 9 p. 66) para concreto com a mesma resistência à compressão do concreto utilizado pela Franki. Ora, a teoria da elasticidade mostra que coexistem, com essas tensões principais de tração, tensões principais

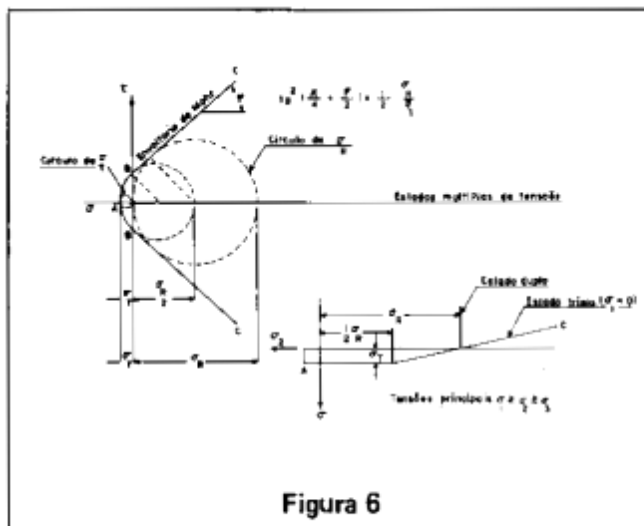


Figura 6

de compressão 3 a 5 vezes maiores. Recorreu-se então à "envoltória de Mohr", adotada pela "Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé de France" (ref. 9, p. 69) e à "envoltória de Mohr" parabólica de A. Leon. Ambas sugerem que há um domínio em que, apesar da coexistência de uma tensão principal de compressão, a ruptura se dá por tração, e quando a tensão principal de tração atinge aproximadamente a resistência à tração simples de concreto (ref. 13, p. 20, e ref. 18, p. 7 e 8). (Figura 6).

O pequeno erro, sistemático, inerente ao método — uma superestimação da resistência à tração estimada em 15% —, é devido somente a uma redistribuição plástica dos esforços internos, que ocorre na vizinhança da ruptura.

7. Conclusão

Antes de concluir, é necessário ressaltar a influência de três outras organizações, uma nacional e duas internacionais, na evolução da tecnologia de concreto no Brasil — a Associação Brasileira de Cimento Portland, a RILEM e o CEB.

A Associação Brasileira de Cimento Portland, que hoje inicia seu 100.º Curso Intensivo de Tecnologia do Concreto, desenvolveu sistematicamente, em todo o território Nacional, uma campanha para difusão dos processos de dosagem e das Normas Técnicas Brasileiras da ABNT, e para a formação de especialistas em tecnologia do concreto. O grande animador de toda essa atividade da ABCP, verdadeiramente educativa e estimuladora de pesquisas, tem sido Francisco de Assis Basilio. Para não correr o risco de omitir nomes, citarei ainda apenas aqueles que, além de pertencerem aos quadros da ABCP, foram também pesquisadores do INT: os engenheiros Antonio Russel Raposo de Almeida e Wanderley Guimarães Correia, e o químico A. Kropf Soares. E não seria demais acrescentar a estes nomes o do químico C. Barsotti, da fábrica de cimento Mauá, que, embora não fosse propriamente funcionário

do INT, colaborou intensamente com este órgão nas pesquisas sobre ensaios de cimentos.

A RILEM, que teve como um de seus fundadores, em 1947, o saudoso Dr. Ernesto Lopes da Fonseca Costa, fundador do INT, é hoje a mais importante associação internacional de laboratórios de ensaios e pesquisas sobre materiais e estruturas. Suas normas são consideradas pelo ISO como "pré-normas", isto é, como normas provisórias em estágio experimental, e, aos poucos vão sendo adotadas em caráter definitivo por essa instituição ligada à ONU.

Tive o prazer de realizar, em 1956, os primeiros contactos da ABNT com o CEB, a pedido de Paulo Sá. Foi numa reunião da ISO, em Viena, por intermédio do engenheiro Y. Saillard, secretário geral dessa organização. Logo a seguir era Telêmaco van Langendonck incumbido de elaborar um anteprojeto de notações internacionais para o cálculo das estruturas de concreto. Daí por diante a colaboração entre a ABNT, os técnicos brasileiros e o CEB foi intensa e contínua. Muito influímos em diversos aspectos das normas de cálculo da CEB, e, por outro lado, a Norma Brasileira NB-1, em suas últimas revisões, vem sendo cada vez mais influenciada pelas Recomendações CEB/FIP.

Creio que é esse o caminho certo: o da internacionalização das normas puramente técnicas que não envolvam especificações de produtos industriais, que frequentemente refletem interesses comerciais antagônicos. Não vejo razão para que um método de ensaio de concreto ou de aço, ou uma norma de cálculo estrutural não sejam unificados internacionalmente, tal como se faz com as unidades de medida. É claro que certos aspectos locais devem eventualmente ser preservados, mas um esforço deve ser feito para a referida unificação. As normas brasileiras relativas a métodos de ensaio de materiais e estruturas devem, a meu ver, harmonizar-se cada vez mais com as normas da RILEM, e as normas de cálculo e execução de estruturas com as normas CEB/FIP, pressupondo-se, naturalmente, uma participação ativa nossa nos trabalhos dessas duas organizações internacionais.

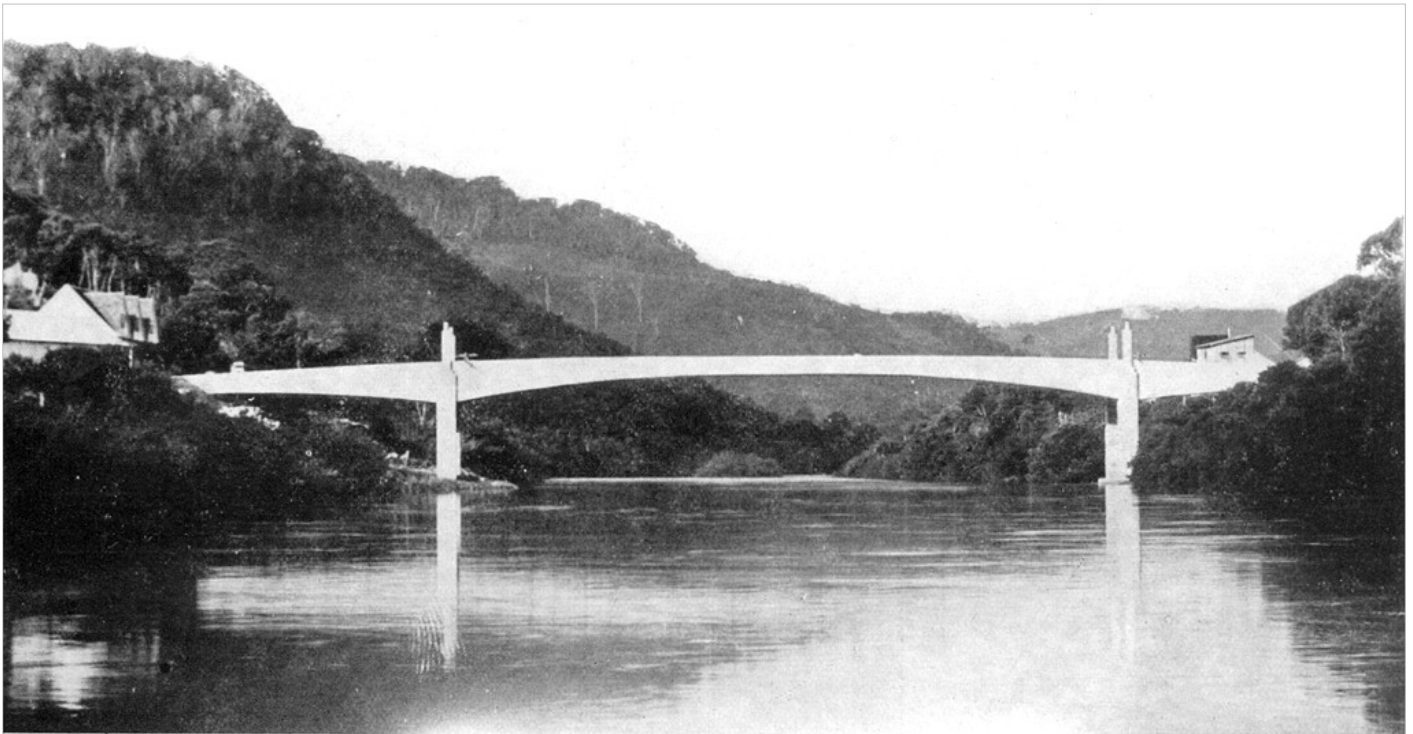
Dou aqui por encerrada esta palestra, agradecendo à ABCP e ao INT esta oportunidade de contacto com meus colegas que tratam na tecnologia do concreto, no recinto desta instituição à qual dediquei 30 anos de minha vida profissional.

BIBLIOGRAFIA

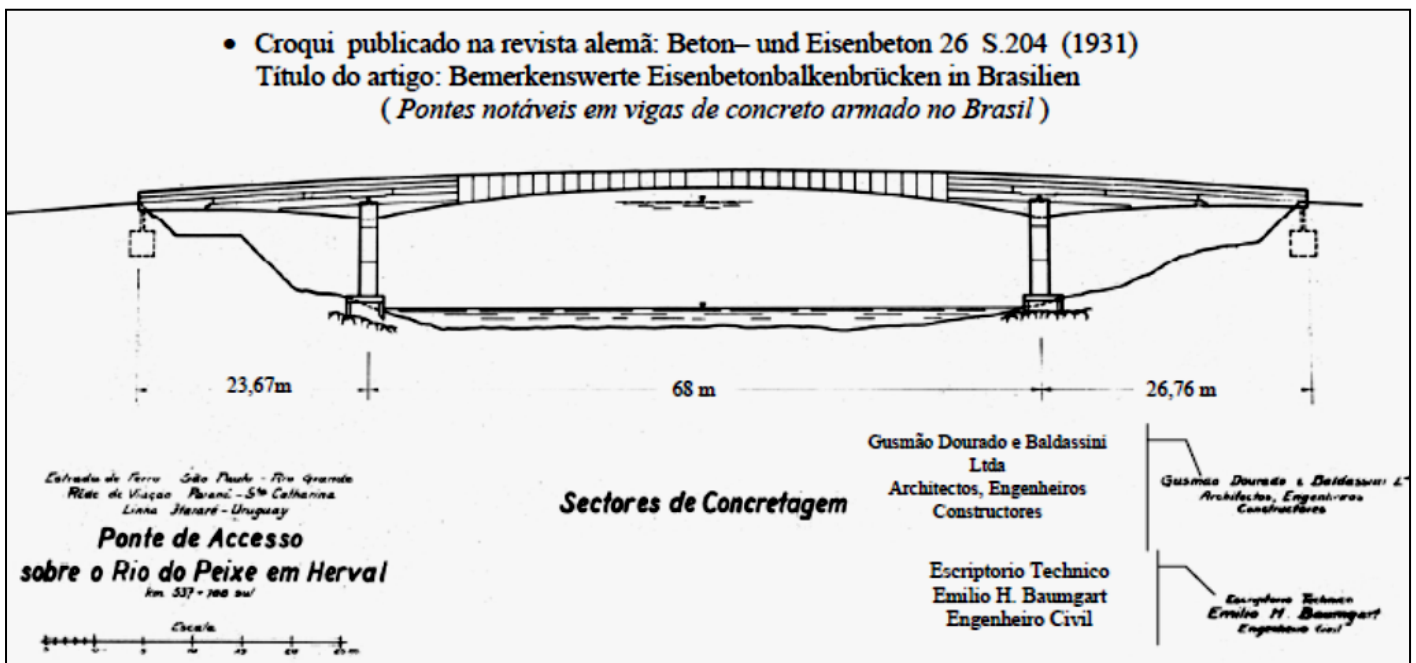
1. TORRES, Ary F. Dosagem de concretos. *Boletim do Instituto de Pesquisas Tecnológicas*, (1), 1927.

2. . Dosagem de racional de concretos. *Boletim do Instituto de Pesquisas Tecnológicas*, (3), 1929. admíssiveis em peças de concreto simples e concreto armado. IN: SYMPOSIUM DE ESTRUTURAS, 1944. *Anais*. Rio de Janeiro, INT, 1945. v. 2, p. 83-126.
3. . & ROMANO, Romulo de L. Um método para o ensaio mecânico dos concretos. *Boletim do Instituto de Pesquisas Tecnológicas*, (11), 1933.
4. SÁ, Paulo. *Os números representativos das características de um material*. Rio de Janeiro, INT, 1936.
5. CARNEIRO, Fernando Luiz Lobo B. *Dosagem de concretos plásticos*. Rio de Janeiro, INT, 1939.
6. . & VIEIRA, Domingos de Pontes. Comunicação sobre a resistência à tração na flexão dos concretos. IN: REUNIÃO DOS LABORATÓRIOS NACIONAIS DE ENSAIOS, Rio de Janeiro, 1937. *Anais*. Rio de Janeiro, INT, 1938.
7. PEREIRA, Mario Brandi. Comunicação sobre a resistência à tração na flexão dos concretos. IN: REUNIÃO DOS LABORATÓRIOS NACIONAIS DE ENSAIOS, Rio de Janeiro, 1937. *Anais*. Rio de Janeiro, INT, 1938.
8. OLIVEIRA, Alberto F. Pastor de. *O controle do concreto de uma construção*. Rio de Janeiro, INT, 1939.
9. CARNEIRO, Fernando Luiz Lobo B. *Dosagem de concretos*. Rio de Janeiro, INT, 1943.
10. . Um novo método para a determinação da resistência à tração dos concretos. IN: REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 5.a 1943. *Anais*. Rio de Janeiro, ABNT, 1943. p. 127-9.
11. JERMANN, Arthur E. A técnica do concreto armado e Emilio Baumgart. IN: SYMPOSIUM DE ESTRUTURAS, 1944. *Anais*. Rio de Janeiro, INT, 1945. v. 1, p. 16-43.
12. CARNEIRO, Fernando Luiz Lobo B. Os coeficientes de segurança e as tensões
13. . Resistance à la traction des betons: une nouvelle méthode pour la détermination de la résistance à la traction des betons. IN: REUNION INTERNATIONALE DES LABORATORIES D'ESSAI DE MATERIAUX, Paris, 1947.
14. PIZARRO, Rufino de A. *Concreto*. Rio de Janeiro, UFRJ, 1954.
15. VALLE, Gilberto B. M. do. Controle estatístico de ensaios de concreto de obras do Distrito Federal. *Tecnologia*, 2 (3): 69-74, jan/jun., 1960.
16. CARNEIRO, Fernando Luiz Lobo B. *Comentários sobre o projeto de revisão de norma brasileira: NB-1*. S. 1., Associação Brasileira de Engenheiros Rodoviários, 1959.
17. BASILIO, Francisco de Assis. *O concreto: sua evolução e estágio atual*. S.1., Associação dos Antigos Alunos da Politécnica, 1974.
18. CARNEIRO, Fernando Luiz Lobo B. *Resistência ao esforço cortante no concreto armado protendido*. Rio de Janeiro, ABNT, 1964.
19. BASILIO, Francisco de Assis. *Tecnologia do concreto de cimento: evolução e estágio atual no Brasil*. S.1., IBRACON, s.d.
20. SOBRAL, Hernani S. Dosagem experimental de concretos. IN: BAUER, L. A. Falcão. *Materiais de construção*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1979. cap. 7, p. 137-60.
- *Anais das Reuniões dos Laboratórios Nacionais de Ensaios, depois Reuniões da Associação Brasileira de Normas Técnicas.*
- *Publicações da Associação Brasileira de Cimento Portland.*
- *Publicações do IBRACON.*

Ponte sobre o Rio do Peixe / SC



Desenho do Projeto



BETON-KALENDER

TASCHENBUCH FÜR DEN
BETON- U. STAHLBETONBAU

4.21 Freivorbau in Stahlbeton

Abb. 121 zeigt die Brücke über dem Rio do Peixe, Brasilien (1930), eine Tragbrücke mit drei Feldern, deren Hauptöffnung im Freivorbau erstellt wurde. Der Rechteckquerschnitt der Hauptträger wurde in 1,50 m langen Abschnitten vorgebaut, wobei die anskragende Schalung tragendes Element war. Querträger

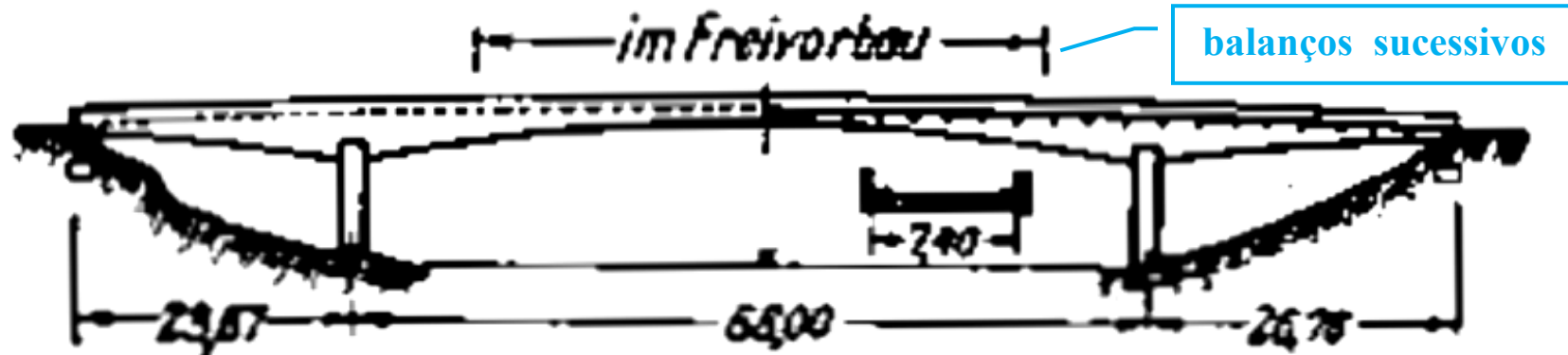


Abb. 121

und Fahrbahnplatte wurden erst nach Fertigstellung der Hauptträger, d. h. nach dem Zusammenschluß im Scheitel angeführt. Das zusätzliche Gewicht wirkt also auf das endgültige System des Durchlaufträgers. Die Brücke wurde für eine Dämpfwalze und eine Gleichstreckenlast von $0,41/m^2$ berechnet [72].

(*tradução literal*)

BETON - KALENDER (*Calendário do Concreto*)

TASCHENBUCH FUR DEN BETON- UND STAHLBETONBAU

(*Livro de Bolso para construções de concreto e de concreto armado*)

4.21 Concreto armado construído em balanços sucessivos

A figura 121 mostra a ponte sobre o rio do Peixe , Brasil (1930) , uma ponte **U** com três vãos, na qual o vão central foi construído em balanços sucessivos.

As vigas principais com seção retangular foram pré-construídas em segmentos com 1,5 metros de comprimento, sendo que a forma de madeira em balanço era um elemento estrutural auto-portante.

As transversinas e as lajes só foram executadas após a conclusão das vigas principais, isto é, após o fechamento no meio do vão.

Esse peso adicional atua portanto no sistema estrutural definitivo das vigas contínuas.

A ponte foi calculada para um rolo compressor de pavimentação (*24 ton = 10 ton no rolo da frente + 2 x 7ton nos rolos de trás*) e para uma carga distribuída de 0,4 ton/m².

+ + +