

Revista
UNIMAR
Ciências Exatas e da Terra
Órgão Oficial da Universidade Estadual de Maringá
ISSN 0100-9354
Revista UNIMAR, Maringá 17(3)/95

SUMÁRIO

QUÍMICA

Edmar Clemente. Heat stability of soluble and ionically bound peroxidase from orange. 401-408

Maria Angélica Simões Dornellas de Barros, Fabiano Volpato Alves, Nádia Regina Camargo Fernandes Machado e Eduardo Falabella Sousa-Aguiar. Estudo da troca iônica Na-Cr em zeólitas naturais em leito fixo. 409-422

MATEMÁTICA

Ivan Ludgero Ivanqui e Plínio Stange. Reconhecimento de Padrões via Programação Linear. 423-428

Ivan Ludgero Ivanqui e Plínio Stange. Uma simplificação prévia para solução do problema de programação linear. 429-436

ESTATÍSTICA

Terezinha Aparecida Guedes. Metodologia de Taguchi. 437-458

FÍSICA

Jonas T. Nery e Wellington M. Siqueiras. Análise espectral da temperatura mínima de Maringá. 459-472

GEOGRAFIA

Hermam Vargas Silva. Julgamento e critérios em análises de impacto ambiental. 473-488

Glaucia Deffune, Elcio S. Klosowski e Sonia M. da Silva. Concentração e intensidade pluviométrica de Maringá, 1976-1994. 489-499

Glaucia Deffune e Elcio S. Klosowski. Variabilidade mensal e interanual das precipitações pluviométricas de Maringá, 1976-1994. .. 501-510

Revista UNIMAR
Ciências Exatas e da Terra
Órgão Oficial da Universidade Estadual de Maringá
Volume 17 (3)/1995

FUNDADOR:

Reitor: *José Carlos Cal Garcia*

GESTÃO:

Reitor: *Prof. Luiz Antônio de Souza*

Vice-Reitora: *Prof^a Neusa Altoé*

SUPERVISÃO:

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

.Prof. Erivelto Goulart

SUPERVISÃO EDITORIAL:

.Prof^a Maria Suely Pagliarini

CONSELHO EDITORIAL:

.Prof^a Alice Áurea Penteado Martha

.Prof. Angelo Antonio Agostinho

.Prof. Antonio Carlos Bento

.Prof. Erivelto Goulart

.Prof. Errol Alva Carvers Forde

.Prof^a Itana Maria de Souza Gimenes

.Prof. Lauro Daniel Vargas Mendez

.Prof^a Maria Suely Pagliarini

.Prof^a Tereza Cristina Rocha Moreira de Oliveira

DIVISÃO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA-PPG:

.Maria José de Melo Vandresen

DIAGRAMAÇÃO E COMPOSIÇÃO:

.Editora da Universidade Estadual de Maringá (EDUEM)

DIVISÃO DE EDITORAÇÃO:

.Marcos Kazuyoshi Sassaka

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

.Marcos Cipriano da Silva

.Juliano Rodrigues Lopes

REVISÃO EM LÍNGUA PORTUGUESA E INGLESA:

.Prof. Silvestre Rudolfo Böing

.Prof^a Márcia Lorca Ventura

.Prof^a Deonízia Zimovski Germani

.Prof^a Marilurdes Zanini

.Prof. Antonio Augusto de Assis

.Prof. Leonildo Carnevalli

.Prof. José Hiran Sallée

.Prof^a Edna Castilho Peres

IMPRESSÃO E ENCADERNAÇÃO:

.Imprensa Universitária - UEM

CORRESPONDÊNCIA:

.UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Divisão de Divulgação Científica

Av. Colombo, 5790 - Câmpus Universitário - 87020-900

Fone: (044)226-2727 - Ramal 253

E-mail: PPG@BRFUEM.BITINET

Maringá-Paraná-Brasil.

Revista UNIMAR, V. 1 - 1974 -

Maringá, Universidade Estadual de Maringá.

Quadrimestral

Mudança de periodicidade e numeração:

1(1), 1974; 1(2), 1976; 1(3), 1977; 2(1), 1978; 2(2), 1979;
2(3), 1980; 3(1), 1981; 4(1), 1982; 5(1), 1983; 6(1), 1984;
7(1), 1985; 8(1), 1986; 9(1), 1987; 10(1), 1988; 11(1), 1989;
12(1), 1990; 12(2), 1990; 13(1), 1991; 13(2), 1991; 14(1),
1992; 14(2), 1992; 14(Suplemento), 1992; 15(1), 1993; 15(2),
1993; 15(3), 1993; 15(Suplemento), 1993; 16(Suplemento 1),
1994; 16(Suplemento 2), 1994; 16(1), 1994; 16(2), 1994;
16(3), 1994; 16(Suplemento 3), 1994; 17(1), 1995; 17(2),
1995.

1. Pesquisa. 2. Ciência. 3. Cultura.

CDD - 001.43

Solicita-se permuta - Exchange requested

A Revista UNIMAR possui indexação seletiva no Index Medicus Latino-Americano, C.A.B. International, MLA International Bibliography, Institut des Hautes Etudes de L'Amerique Latine, Centro de Información Científica y Humanística, Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts, Periódica, International Medieval Bibliography, Biosis (U.K.), Zoological Record, Ulrich's International Periodicals Directory, Sociological Abstracts e Linguistics & Language Behavior Abstracts.

CONCENTRAÇÃO E INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DE MARINGÁ, 1976-1994

Glaucia Deffune*, Elcio S. Klosowski* e Sonia M. da Silva*

RESUMO. A análise das precipitações diárias e altura das chuvas ocorridas durante intervalos de tempo (minutos, horas, dias ou meses) tem interesse particular para o dimensionamento de inúmeras obras urbanas ou rurais. Desde o ponto de vista da climatologia pura até a aplicada, a concentração, intensidade e o número médio de dias de chuvas no curso do ano e sua distribuição diária, mensal e anual têm uma grande aplicabilidade. Nesta pesquisa, em primeiro lugar, foram elaboradas tabelas com os totais pluviométricos anuais, número de dias de chuva e valores médios de toda a série analisada, 1976 a 1994. Numa segunda etapa, realizaram-se as leituras dos pluviogramas diários e classificou-se a intensidade pluviométrica de Maringá, conforme tabela internacional proposta pela Organização Meteorológica Mundial.

Palavras-chave: concentração, intensidade, precipitação pluviométrica.

RAINFALL CONCENTRATION AND INTENSITY IN MARINGÁ, 1976-1994

ABSTRACT. Analysis of daily rainfall and the height of rains during a period of time (minutes, hours, days or months) is of great interest for the evaluation of numberless urban or rural works. From the viewpoint of pure and applied climatology, the concentration, the intensity and the average number of rainy days all during the year round and the respective daily, monthly and annual distribution have great applicability. Tables of annual rainfall, number of rainy days, and monthly and annual average of all the analysed series 1976/1994 were organised. Readings of daily pluviograms were done and rainfall intensity in Maringá was classified according to the international table of the World Organisation of Meteorology.

* Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

Correspondência para Glaucia Deffune.

Data de recebimento: 09/10/95.

Data de aceite: 11/03/96.

Key words: concentration, intensity, rainfall.

INTRODUÇÃO

Embora para longos intervalos de tempo não existam evidências de que estejam ocorrendo modificações climáticas em grande escala, anualmente ocorrem variações regionais no comportamento dos elementos meteorológicos, expondo as atividades humanas a altos riscos e insucessos. Dentre esses elementos, a precipitação pluviométrica é um dos que apresentam maior variabilidade, constituindo-se num dos principais fatores de risco.

Muitos estudos têm sido realizados em várias regiões do mundo, procurando associar a ocorrência de secas com teorias sobre o ciclo das manchas solares, erupções vulcânicas etc., visando descobrir se as secas apresentam uma periodicidade. Essas teorias e estudos têm apresentado aspectos polêmicos e contraditórios.

Autores contrapõem-se à idéia, uma vez que não se pode comprovar cientificamente a existência de "ciclos" das secas e acham que, na verdade, esses ciclos não existem.

O que é certo, entretanto, é que as secas que ocorreram no passado voltarão a ocorrer com a mesma frequência e intensidade no futuro e que não existe, no momento, nenhuma possibilidade de saber, exatamente, quando as secas voltarão.

Os prejuízos causados na produção de grãos no Brasil, por secas, foram consideráveis nas décadas de 70 e 80, especialmente nos anos de 1978, 1979 e 1985, no Centro-Sul do Brasil. No Nordeste, o período de 5 anos consecutivos de secas (1979-83) causou grandes prejuízos (Mota, 1987).

No que diz respeito ao volume de concentração e intensidade pluviométrica, temos a interferência da corrente EL NIÑO (aquecimento das águas do Pacífico Central) que vem ocorrendo todos os anos desde 1990, o que é inédito, pois normalmente atua durante um intervalo de três a cinco anos. Apesar de não ser responsável pelo aumento de temperatura, o EL NIÑO causa bastante estrago, aumentando o volume de chuvas em certas regiões do mundo e provocando seca em outras. Conforme Cullum (1995), climatologista do Departamento de Meteorologia do Reino Unido, é provável que haja relação entre o aumento da temperatura e o aumento das chuvas provocadas pelo EL NIÑO em regiões como o Sul do Brasil, a costa Oeste dos Estados Unidos e o Sul da África.

A água é um recurso natural limitado, onipresente, heterogêneo e renovável. É essencial aos seres vivos como bebida e alimento, constituindo dois terços do peso do homem e até 90% do peso dos vegetais. É também matéria prima para a produção, vias de transporte e insubstituível nas atividades recreativas e de lazer.

Constantemente a superfície da Terra é modelada através da ação erosiva da chuva e do gelo. O efeito desses agentes, todavia, torna-se quase imperceptível em áreas recobertas de vegetação onde o meio ambiente não sofreu alteração provocada pelo homem. O processo erosivo caracteriza-se pela desagregação do solo superficial, cujas partículas são transportadas dos pontos mais altos para os mais baixos, através do escoamento das águas da chuva, depositando-se no leito dos rios ou sendo carregadas pela correnteza rio abaixo. Na região norte do estado do Paraná, o assoreamento dos rios é fato constatado nas áreas de intensa urbanização. Sua origem está na remoção da cobertura vegetal, sem qualquer critério, prosseguindo com o nivelamento dos terrenos e a implantação das ruas, culminando com as edificações. Ao longo desse processo, o solo é movimentado sem que se observem os mínimos cuidados com seu manuseio e, com isso, vastas áreas tornam-se, potencialmente, produtoras de sedimentos.

A destruição da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo ocasionam um aumento significativo dos riscos de cheias. Quando associadas ao assoreamento dos rios, trazem, como consequência, o incremento dos casos de inundação. A vegetação impede a rápida lavagem do solo e retém a umidade, sendo que até 60% das precipitações pelas folhas, 35 a 39% de chuva, é infiltrada, acumulando-se no solo como água de subsolo, cujo excesso é captado pelas fontes, riachos e rios, restaurando o ciclo normal da água. Somente 1 a 5% escoam superficialmente na mata de acordo com a topografia (Kurowski, 1962).

Com o crescente aumento da população no norte do Paraná, os problemas de abastecimento de água têm sido notados desde a década de cinquenta. Quando se deu início às perfurações de poços artesianos, as profundidades necessárias para obtenção de água eram de 70 a 80 m. Hoje, as perfurações são de 160m e, mesmo assim, com produções de água bem inferiores (Salamuni, 1982). Isso, em decorrência da alteração das condições da superfície do solo (desmatamento, uso do solo para fins agrícolas e urbanização), conseqüentemente, induzem a um abaixamento do lençol freático.

Quanto à ocupação do solo pela agricultura e às condições de ritmo do clima durante o ano, pode-se destacar que a distribuição sazonal das chuvas, com alta concentração no fim da primavera, coincide com a época em que grande parte dos terrenos da região está desprotegida, devido ao preparo da terra para as culturas de verão. Tal fato é refletido nas altas vazões dos rios da bacia do Ivaí, conforme constatou (Bittencourt, em 1982).

Desde o momento em que o homem provocou modificações na crosta terrestre, por desmatamento seguido pelas atividades construtivas, colaborou com a erosão e o ciclo das águas subterrâneas sofreu alterações substanciais.

Nas condições tropicais, onde a média de precipitação anual é superior a 1000 mm, ocorrem períodos de 5 a 20 dias de época chuvosa, em que a taxa de precipitação é insuficiente à demanda de água das culturas: são os veranicos. Estes acarretam um déficit hídrico nos tecidos vegetais, reduzem a taxa fotossintética, o acúmulo de matéria seca e, dependendo da fase do desenvolvimento das culturas, podem provocar perdas na produção (IAPAR, 1987).

A mudança climática, da qual as inundações ou secas são apenas modalidades, tanto podem ser resultantes de causas naturais (macro e mesoescalas) como desencadeadas pela ação antrópica (microescalas) ou, ainda, decorrer de uma combinação das duas forças.

Lamb (1982), citado por Santos (1985), adverte que as atividades do homem podem induzir, durante os próximos cem anos, mudanças climáticas globais tão grandes ou ainda maiores do que as mudanças climáticas ocorridas nos últimos séculos. Os efeitos das atividades humanas produzirão um clima mais quente e, conseqüentemente, acontecerão mudanças significantes no padrão pluviométrico mundial.

Portanto, dentro de toda a problemática, procurou-se, nesta pesquisa, determinar os períodos de concentração e intensidade da precipitação pluviométrica em Maringá, estado do Paraná, durante dezenove anos (1976 - 1994), considerando-as fundamentais para a compreensão do perfil de oscilação.

METODOLOGIA

A medida da precipitação pluviométrica é muito útil e a sua suficiência e adequada distribuição resultam no desenvolvimento de inúmeras atividades humanas. A sua escassez e inadequada distribuição prejudicam o desenvolvimento e a produção das culturas e das atividades humanas. Ela é bastante simples e é feita com auxílio de pluviômetros e

pluviógrafos. Muitas vezes, deseja-se saber qual o volume (V) de água precipitada durante uma chuva. Ele é o produto da área do terreno (S) pela altura de chuva (h). Assim, um milímetro de chuva equivale a colocar: 1 litro de água por metro quadrado, ou 10.000 litros de água por hectare. Se o volume de água precipitada em um hectare fosse reunido em uma coluna de um metro quadrado de base, ele atingiria a altura de 10 metros, para cada milímetro de chuva. É um volume enorme de água, que passa despercebido porque é distribuído em toda a área do terreno e porque se infiltra no solo.

Efetua-se, inicialmente, nesta pesquisa, a leitura dos diagramas diários do pluviógrafo, para realizar a classificação de intensidade pluviométrica por dia e, posteriormente, organizaram-se 5 tabelas, que auxiliaram na análise dos resultados: na Tabela 1, constam os totais pluviométricos anuais, número de dias de chuva anual e número médio de dias de chuva mensal. A Tabela 2 trata dos valores médios de chuva mensal para o período de 1976 a 1994, número total de dias de chuva por mês e número médio de dias de chuva por mês.

Tabela 1. Totais pluviométricos anuais e número de dias de chuva e valores médios de 1976 a 1994 de Maringá-Pr.

Ano	Total Anual (mm)	Nº de Dias de Chuva ao Ano	Nº de Dias de Chuva ao Mês
1976	1438,00	116	9,70
1977	1369,20	108	9,00
1978	1028,00	074	6,00
1979	1660,00	118	9,80
1980	1924,00	121	10,00
1981	1661,50	112	9,30
1982	1740,20	127	10,60
1983	2267,40	148	12,30
1984	1378,00	109	9,00
1985	1387,40	100	8,30
1986	1576,90	123	10,20
1987	1716,30	117	9,70
1988	1280,60	107	8,90
1989	1576,10	125	10,40
1990	1796,50	140	11,60
1991	1458,50	109	9,00
1992	1638,90	120	10,00
1993	1667,30	103	8,60
1994	1445,90	112	9,30
MÉDIA	1579,50	115,20	9,60

Fonte: ECPM-UEM

Tabela 2. Valores médios do total de precipitação pluviométrica (1), número total de dias de chuva para o mês no período (2) e número médio de dias de chuva para o mês (3), no período de 1976 a 1994, para Maringá-Pr.

Mês	1	2	3
Janeiro	191,60	258	13,60
Fevereiro	153,80	250	13,10
Março	146,70	222	11,70
Abril	130,20	159	8,40
Maio	137,60	169	8,90
Junho	104,10	122	6,40
Julho	62,80	106	5,60
Agosto	51,10	102	5,40
Setembro	129,40	180	9,50
Outubro	143,00	189	9,90
Novembro	127,70	189	9,90
Dezembro	201,50	243	12,80
Total	1579,50	2189	115,20
Média	131,60	182,40	9,60

Fonte: ECPM-UEM

Para elaboração da Tabela 3, utilizou-se a tabela internacional para classificação da intensidade pluviométrica, conforme a Organização Mundial de Meteorologia:

- chuviscos (menos de 1,0 mm por hora);
- chuva fraca (de 1,0 a 5,0 mm por hora);
- chuva moderada (de 5,0 a 60,0 mm por hora);
- chuva forte (acima de 60,0 mm por hora).

A tabela consta, ainda, do número de chuvas por categoria em cada mês da série (1976-1994).

Tabela 3. Ocorrência média das intensidades pluviométricas mensais para o período de 1976 a 1994, em Maringá-Pr.

Mês	Tipo de Chuva	Nº de Ocorrências	Valor Médio	Mês	Tipo de Chuva	Nº de Ocorrências	Valor Médio
Jan	FC	103	5,00	Jul	FC	54	3,00
	MD	129	7,00		MD	55	3,00
	FR	28	1,00		FR	10	0,05
	CV	104	5,00		CV	44	2,00
Fev	FR	106	6,00	Ago	FC	57	3,00
	MD	107	6,00		MD	46	2,00
	FR	31	2,00		FR	11	0,60
	CV	122	6,00		CV	53	3,00
Mar	FC	118	6,00	Set	FC	91	5,00
	MD	107	6,00		MD	77	4,00
	FR	20	1,00		FR	58	3,00
	CV	126	7,00		CV	94	5,00
Abr	FR	79	4,00	Out	FC	83	4,00
	MD	72	4,00		MD	81	4,00
	FR	34	2,00		FR	26	1,00
	CV	86	4,00		CV	87	4,00
Mai	FC	106	5,00	Nov	FC	84	4,00
	MD	112	6,00		MD	96	5,00
	FR	12	0,60		FR	30	2,00
	CV	80	4,00		CV	86	4,00
Jun	FC	64	3,00	Dez	FC	116	6,00
	MD	72	4,00		MD	121	6,00
	FR	12	0,60		FR	33	2,00
	CV	59	3,00		CV	104	5,00

Fonte: ECPM-UEM

Tipo de chuva:

FC - Chuva Fraca

MD - Chuva Moderada

FR - Chuva Forte

CV - Chuvisco

A Tabela 4 apresenta um resumo das intensidades pluviométricas para toda a série, dividida em quatro categorias (chuvisco, chuva fraca, chuva moderada e chuva forte).

Tabela 4. Intensidade e número de ocorrências das chuvas conforme a intensidade no período de 1976 a 1994, para Maringá-Pr.

Intensidade	Nº de Ocorrências
Fraca	54
Moderada	57
Forte	16
Chuveiro	52

Na Tabela 5, apresentam-se as chuvas máximas ocorridas em 24 horas, com os respectivos dias, meses e anos, e o número de chuvas máximas para cada mês do ano para toda a série analisada.

Tabela 5. Número de ocorrência de chuvas fortes a cada ano, no período de 1976 a 1994, para Maringá-Pr.

Ano	Mês	Dia	Total (mm)/24 horas
1976	Outubro	18	99,50
1977	Março	28	107,70
1978	Julho	16	89,10
1979	Outubro	26	76,00
1980	Abril	13	90,00
1981	Abril	27	105,00
1982	Junho	12	102,40
1983	Junho	06	82,80
1984	Abril	14	101,10
1985	Fevereiro	12	92,90
1986	Maio	13	71,80
1987	Novembro	06	104,80
1988	Outubro	25	66,40
1989	Janeiro	15	58,10
1990	Setembro	29	74,10
1991	Abril	13	76,00
1992	Novembro	22	101,60
1993	Fevereiro	18	101,20
1994	Dezembro	05	67,10

Fonte: UEM-DGE-ECPM

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De toda a série analisada, o ano de 1983 foi o que apresentou o maior total pluviométrico (2.267,4mm), sendo um valor atípico para Maringá, mas explicável, pois o sul do Brasil estava sofrendo a interferência do EL NIÑO. Os meses que apresentaram as maiores concentrações atípicas foram março, abril, maio, junho, setembro e outubro.

O ano de 1978 foi o mais seco de todo o período, com 1028,0 mm. Comparando-se o valor médio de Maringá para os dezenove anos (1579,5mm), com as médias anuais do mesmo período, obtêm-se 10 anos com valores inferiores à média obtida e 09 anos com valores superiores à média (Tabela 1).

Com relação ao número de dias de chuva, o valor médio obtido para toda a série foi de 115,2 dias ao ano. O menor número de dias de chuva foi em 1978, com 74 dias; o maior foi em 1983, com 148 dias de chuva. Houve ocorrência de 10 anos com valores superiores à média (115,2 dias) e 09 anos com valores inferiores à média (Tabela 1).

O número médio de dias de chuva por mês revela que há um aumento de concentração pluviométrica atípica em Maringá. O ano que apresentou o maior número médio de dias de chuva por mês foi 1983 (12,3 dias). O valor médio de dias de chuva por mês, para toda a série, é de 9,6 dias por mês. O menor valor encontrado foi de 6 dias, no ano de 1978 (Tabela 1).

Através da Tabela 2, pode-se concluir que as concentrações máximas de chuva ocorreram nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e outubro, respectivamente. Entretanto, as maiores concentrações de dias de chuva por mês ocorrem em janeiro, fevereiro e dezembro. A média mensal é de 9,6 dias, genericamente, sendo a maior média registrada em janeiro (13,6 dias) e a menor em agosto (5,4 dias).

Quanto à intensidade pluviométrica, há registros de índices maiores no final do verão, no outono e no início da primavera. Correlacionam-se as chuvas mais fortes com a entrada de frentes frias. Estas tornam-se impactantes na nossa região, por coincidirem com períodos em que os solos estão desnudos, aguardando o plantio de outono/inverno e primavera/verão (Tabela 3). Pode-se chegar aos valores médios de intensidade pluviométrica através da Tabela 4, sendo que as maiores concentrações de chuva, em Maringá, são moderadas, apresentando um valor médio anual de 57 dias, com este tipo de chuva, e o valor médio menor corresponde às chuvas fortes, com 16,3 dias desta categoria ao ano.

Com relação às chuvas máximas, a Tabela 6 registra a maior delas nos dezenove anos de forma intermitente, durante 24 horas: 28 de março de 1977 (107,7mm). O mês de abril apareceu 4 vezes em toda a série, sendo o que apresentou a maior ocorrência de chuvas máximas, seguido por outubro que apareceu 3 vezes. Junho, fevereiro e novembro apareceram 2 vezes e os demais apresentaram somente uma chuva máxima em toda a série.

Tabela 6. Número de ocorrências de chuvas fortes a cada mês entre 1976 e 1994, para Maringá-Pr.

Mês	Nº de Ocorrências
Janeiro	1
Fevereiro	2
Março	1
Abril	4
Maio	1
Junho	2
Julho	1
Agosto	0
Setembro	1
Outubro	3
Novembro	2
Dezembro	1

Fonte: UEM-DGE-ECPM

CONCLUSÕES

A distribuição de chuva com alta variabilidade, extremamente concentrada em alguns meses do ano, deve-se a intensidades variáveis e à estrutura urbana que contribuem para a terrível dicotomia: seca/excessiva umidade.

No caso de Maringá, para a série analisada (1976/1994) num total de dezenove anos, dez anos apresentam valores inferiores à média (1579,5 mm) e 09 anos com valores superiores.

Os meses mais atípicos, com relação à concentração e intensidades pluviométricas, foram março, abril, maio, junho, setembro e outubro, portanto, nas estações de outono, inverno e primavera, justamente nos

períodos em que ocorre o maior número de incursões de frentes frias na região.

Confere-se, através do que foi descrito, que a atuação dos sistemas atmosféricos tem um grande peso na configuração da precipitação pluviométrica de Maringá. Mas não se pode deixar em segundo plano as condições urbanas e outros fatores e elementos em escala macroclimática, citados no decorrer deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BITTENCOURT, A.V.L. Transporte de sólidos na bacia hidrográfica do rio Ivaí. *Bol. Paranaense de Geociências*, 35:03-54, 1982.
- CULLUM, D. Terra em transe. *Folha de São Paulo*, abr. 1995. Revista da Folha, p. 17.
- IAPAR. Frequência de períodos de 10 dias consecutivos com deficiência hídrica (veranicos) para Londrina e Ponta Grossa. *Boletim técnico*, 20:24, 1987.
- KUROWSKI, G. Aspectos gerais da erosão no Norte da Bacia do Paraná. *Boletim Paranaense de Geografia*, 6:1-16, 1962.
- MOTA, F.S. Estratégias e tecnologias para minimizar os efeitos das secas sobre a produção de alimentos no Brasil. *Boletim Técnico*, 7:19, 1987.
- SALAMUNI, R. O impacto ecológico do homem. SIMPÓSIO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 1, 1982, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Instituto de Terras e Cartografia, 1982, p. 13.
- SANTOS, M.J.Z. Tendências contemporâneas dos estudos climáticos e bioclimáticos no Brasil. *Boletim de Geografia Teórica*, 15:29-30, 45-52, 1985.

METODOLOGIA DE TAGUCHI

Terezinha Aparecida Guedes*

RESUMO. O procedimento de Taguchi tem sido usado para melhorar a qualidade na produção de diferentes tipos de produtos. O método de Taguchi combina alguns elementos dos métodos clássicos com considerações de custo. Taguchi advoga o uso de planejamentos robustos para a melhoria da qualidade. Esta é sua maior contribuição. Este artigo apresenta o procedimento de Taguchi e discute seus pontos fracos.

Palavras-chave: método de Taguchi, fatores experimentais, planejamentos experimentais, custo da qualidade, função perda, razão sinal-ruído, engenharia da qualidade.

METHOD TAGUCHI

ABSTRACT. The Taguchi approach has been used to improve quality in the production of many different types of products. The Taguchi method combines some elements of classical methods with cost considerations. Taguchi advocates the use of robust design for quality improvement. It is his greater contribution. This paper presents the Taguchi approach and discusses his weaknesses.

Keys words: Taguchi approach; design factors; design of experiments; quality cost; loss function; signal to noise ratio; quality engineering.

INTRODUÇÃO

A demanda por um produto, em uma economia competitiva, é grandemente afetada por sua qualidade e por seu preço de venda. O preço de venda é determinado pelo custo total de produção, pelo custo de marketing e pela margem de lucro. Duas características importantes de um produto são a qualidade e o custo Kackar (1989). Desde o término da

* Departamento de Estatística, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

Correspondência para Terezinha Aparecida Guedes.

Data de recebimento: 20/09/95.

Data de aceite: 28/12/95.

segunda guerra mundial, o Dr. Genichi Taguchi, um engenheiro japonês, tem introduzido técnicas com o objetivo de melhorar qualidade e reduzir custo. Sua atividade era conduzir experimentos e testes em um laboratório de pesquisas chamado “Electrical Communication Laboratories”. Seus métodos de planejamentos e processos de otimização foram desenvolvidos em um esforço para produzir alta qualidade dos produtos, sob as circunstâncias japonesas daquela época. As circunstâncias eram caracterizadas pela escassez de matéria prima, pobreza dos equipamentos de manufatura e pequeno número de engenheiros bem treinados. Atualmente, seus métodos de otimização são usados rotineiramente para obter alta eficiência em planejamento, desenvolvimento e produção Taguchi (1971, 1987, 1993) e Taguchi e Phadke (1984).

Os componentes do custo total social incluem:

- a) matéria prima, energia, trabalho e despesas em produzir unidades perfeitas;
- b) recursos desperdiçados em produzir unidades não aproveitáveis;
- c) efeitos colaterais ou efeitos prejudiciais produzidos durante a fase de manufatura.

O custo total para a sociedade pode ser reduzido pela minimização tanto das perdas como da fabricação de produtos, cujos efeitos sejam prejudiciais. Após as perdas serem minimizadas, os maiores componentes do custo são a matéria prima, a energia, o trabalho e as despesas em produzir unidades aproveitáveis do produto.

Do ponto de vista de Taguchi, a qualidade de um produto é avaliada pela perda causada à sociedade, desde que este seja enviado ao consumidor Kackar (1989), Taguchi e Phadke (1985), Taguchi (1982, 1993). Existem muitas maneiras de um produto causar perdas à sociedade, entre outras:

- a) perda devida ao efeito colateral do produto e
- b) perda devida a variações nas características funcionais do produto.

Por exemplo, alguns remédios produzem efeitos colaterais indesejáveis, que depreciam o valor do produto. Similarmente, um automóvel é muito útil, mas o ar poluído e o barulho produzido por seu uso são claras perdas para a sociedade. Portanto, esforços devem ser feitos para reduzir o efeito colateral gerado por um produto.

Todo produto tem numerosas características funcionais. Entretanto, a qualidade pode ser definida em termos das características funcionais individuais de cada um. Desta forma, o valor real de uma característica funcional pode ser diferente para diferentes unidades do produto, e ainda pode mudar no tempo para uma dada unidade, pois cada característica funcional é uma entidade variável. A qualidade pode ser pensada em termos de perda social devida a variações nas características funcionais do produto, durante o seu tempo de vida e entre diferentes unidades do mesmo.

CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE UM PRODUTO

As características funcionais de um produto podem ser definidas como características finais, que determinam a funcionalidade do produto com respeito à satisfação das necessidades do usuário Kackar (1985, 1989). Os produtos, em geral, têm muitas características de interesse dos seus usuários. Para determinar o grau de satisfação com uma característica funcional, o seu estado ideal, do ponto de vista do consumidor, deve ser conhecido. Este estado ideal é chamado valor nominal. A determinação do valor nominal não é uma tarefa trivial, porque depende de muitos fatores incluindo a intenção com que se usa o produto. Todas as especificações das características funcionais deverão ser determinadas em termos dos níveis nominais e tolerâncias em torno dos níveis nominais.

O desvio do valor nominal, de uma característica funcional, sobre diferentes unidades do produto e para cada unidade durante o seu tempo de vida sob diversas condições de operação, é referido como variação funcional. Quanto menor a variação funcional em torno do valor nominal, melhor é a qualidade do produto.

Os fatores que provocam o desvio da característica funcional do produto de seu valor nominal são chamados fatores de ruído, e podem ser classificados em três categorias Taguchi (1982), Kackar (1985, 1989), Taguchi e Phadke (1989):

- a) fatores externos;
- b) imperfeições na produção;
- c) deterioração do produto.

Os fatores de ruídos externos são variações no ambiente de operação, como temperatura, umidade, vibrações devidas à proximidade de

máquinas, erros humanos na utilização do produto etc. As variações nos parâmetros dos produtos de unidade para unidade são inevitáveis em um processo de produção. Os desgastes devidos ao uso são fontes de fatores de ruído causadas pela deterioração do produto.

A qualidade e o custo de produtos manufaturados são afetados por todos os estágios do ciclo de desenvolvimento do produto, mas é o planejamento do projeto do produto e do processo de sua manufatura que determinam o grau de variação funcional e o custo de manufatura. O ciclo de desenvolvimento de um produto pode ser particionado em três estágios separados, mas sobrepostos: planejamento do produto, planejamento do processo e manufatura Kackar (1989).

Para o planejamento do produto, os engenheiros desenvolvem, completamente, as especificações do planejamento do produto incluindo especificações do material, componentes, configurações e apresentação. O planejamento do processo pode envolver criação de um novo processo ou modificação de um processo existente para produzir o novo produto. O departamento de manufatura usa o processo de manufatura para produzir as unidades do produto Kackar (1985, 1989).

ENGENHARIA DA QUALIDADE

O objetivo da Engenharia da qualidade é fabricar produtos que sejam robustos com respeito a todos os fatores de ruído. Isto é, as características funcionais do produto devem ser insensíveis às variações nos fatores de ruído. Para obter robustez, empenhos devem ser iniciados já durante o planejamento do produto e continuar através do planejamento do processo de produção e fabricação.

O empenho em controlar a qualidade durante o planejamento do produto e o planejamento do processo de produção é chamado controle de qualidade fora da linha (off-line), enquanto o empenho durante a produção é chamado controle de qualidade na linha (on-line).

No controle de qualidade fora da linha, Taguchi direciona sua abordagem através de um procedimento de três passos, descritos abaixo, para determinar e controlar fatores que podem causar desvios das características funcionais do produto, de seus valores objetivos:

- a) planejamento do Sistema - Consiste na definição do planejamento do modelo básico que apresenta as funções esperadas do produto. Nesta etapa, é realizada a seleção do material, das partes, dos componentes e do sistema de montagem;

- b) planejamento de Parâmetros/Otimização do Planejamento - Determinação de valores para os fatores controláveis que minimizam os efeitos dos fatores de ruído sobre as características funcionais do produto. Isto é, seleção dos valores para as variáveis do planejamento ou fatores que tornam o produto menos sensível às causas de variações. Os valores selecionados são denominados valores ótimos. A principal técnica estatística utilizada em planejamento dos parâmetros é o planejamento de experimentos utilizando arranjos ortogonais e análise de variância;
- c) planejamento de Tolerâncias - Tolerâncias ou intervalos de variação para os valores dos fatores ou variáveis do planejamento, determinados durante o estágio de planejamento de parâmetro, são obtidas para melhorar a qualidade. Isto é, se o planejamento de parâmetro falha na escolha dos níveis dos fatores para produção de baixa variação funcional do produto, então as tolerâncias são seletivamente reduzidas com base em seus custos efetivos.

PERDAS DEVIDAS À VARIAÇÃO FUNCIONAL

Na identificação do conjunto de valores ótimos dos fatores é necessário que haja um critério de otimização. Taguchi sugere a função perda. Quando uma característica funcional desvia de seu valor nominal, alguma perda financeira ocorre. Esta perda financeira é, às vezes, chamada perda da qualidade, sendo usada como expressão do nível de qualidade.

Seja Y o valor de uma característica funcional e seja m seu valor nominal. O valor de Y pode ser diferente para diferentes unidades do produto e também pode mudar ao longo do tempo para uma dada unidade. Em termos estatísticos Y é uma variável aleatória com alguma distribuição de probabilidade, cujos parâmetros são os parâmetros do planejamento do produto. A variabilidade de Y em torno do valor nominal m causa perdas financeiras para o consumidor.

Seja $l(Y)$ a função que representa a perda financeira para o consumidor, durante o ciclo de vida do produto, devido ao desvio de Y em relação ao seu valor nominal m . Quanto maior o desvio da característica funcional Y de seu valor nominal, maior é a perda $l(Y)$. Segundo Taguchi (1993), quando Y encontra o valor nominal m , a perda $l(Y)$ é mínima e, geralmente, a perda financeira pode ser assumida zero sob a condição ideal, isto é,

$$l(m) = 0. \quad (4.1)$$

Desta forma, a primeira derivada da função perda com respeito a Y será zero. Pode-se obter a seguinte equação:

$$l'(m) = 0. \quad (4.2)$$

Expandindo a função perda $l(Y)$ em torno do seu valor nominal m , através da expansão da série de Taylor e considerando as equações (4.1) e (4.2), obtém-se a seguinte equação:

$$\begin{aligned} l(Y) &= l(m) + l'(m)(Y-m)/1! + l''(m)(Y-m)^2/2! + \dots \\ &= l''(m)(Y-m)^2/2! + \dots \end{aligned}$$

O termo constante e o termo linear tornam-se zero pelas equações (4.1) e (4.2). Se os termos de ordem superior a dois podem ser considerados não importantes, a função perda pode ser expressa como um termo ao quadrado multiplicado por uma constante k , isto é,

$$l(Y) = k(Y - m)^2. \quad (4.3)$$

Quando o desvio da característica funcional do valor nominal aumenta, a correspondente função perda (perda da qualidade) também aumenta. Quando o desvio excede as especificações de tolerâncias, o produto é considerado defeituoso. Seja A a perda em produzir um produto defeituoso e o correspondente desvio Δ . Substituindo A e a tolerância Δ na equação (4.3) pode-se determinar o valor da constante k , através da seguinte equação:

$$\begin{aligned} k &= (\text{Custo de um produto defeituoso})/(\text{tolerância})^2 \\ &= \frac{A}{\Delta^2}. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Desde que a característica funcional do produto Y e, portanto, a perda quadrática $l(Y)$ seja uma variável aleatória, o nível de qualidade pode ser definido pelo valor esperado de $l(Y)$. Assim, denotando por L a perda quadrática esperada tem-se:

$$L(Y) = El(Y) = k E(Y-m)^2. \quad (4.5)$$

Taguchi sugere que a qualidade do produto com respeito a uma característica Y deve ser definida pela perda quadrática esperada, L . Nota-se que a perda quadrática esperada é uma função dos parâmetros do planejamento do produto.

Sejam

$$E(Y) = \mu = m \quad (4.6)$$

e

$$\text{Var}(Y) = E(Y - m)^2 = \sigma^2. \quad (4.7)$$

A variância é uma medida da variabilidade devido à falha de mensuramento, desvio dos itens manufaturados de seus níveis nominais e inadequado armazenamento do produto final.

Dada a equação (4.6), a perda quadrática sobre todos os itens produzidos, equação (4.5), torna-se:

$$\begin{aligned} L(Y) &= E\{I(Y)\} \\ &= k E(Y - \mu)^2 \\ &= k \sigma^2. \end{aligned}$$

Observa-se que a redução da variância traz consequências benéficas. Isto leva engenheiros de planejamento e de produto a terem interesse em produzir produtos cujas características funcionais encontrem um valor nominal e em assegurar que a variabilidade do produto em torno deste valor seja a menor possível.

O conceito de perda quadrática esperada implica que a medida fundamental da variabilidade é o quadrado médio do erro em torno do valor nominal e não a variância. Sendo o quadrado médio do erro a soma da variância e do quadrado do viés (isto é, a diferença entre a média e o valor nominal), tanto variância como viés são importantes componentes da variabilidade. Por exemplo, um produto poderá ser mal planejado ou mal produzido de forma que $\mu = m + \delta$, onde δ seja um viés fixado afetando todo item produzido. Sob estas circunstâncias a perda quadrática esperada torna-se:

$$\begin{aligned} L(Y) &= E\{I(Y)\} \\ &= E\{k(Y - m)^2\} \\ &= E\{k\{(Y - \mu) + \delta\}^2\} \\ &= k(\sigma^2 + \delta^2). \end{aligned}$$

Esta versão da função perda é útil quando um específico valor nominal é melhor e a perda cresce simetricamente com o desvio da característica funcional em torno do valor nominal, mas o conceito pode ser estendido para outras situações, existindo dois casos especiais:

a) O menor é o melhor.

Uma característica funcional de qualidade definida como quanto menor melhor, é uma característica cujos valores são não negativos e tem valor nominal igual a zero. São exemplos deste tipo de característica: teor de impureza, desgaste, encolhimento, deterioração, nível de perturbação, perda de corrente em circuito elétrico, poluição em uma planta de energia, balanço no volante de um carro, a cor do fundo de uma cópia, insatisfação do consumidor ou índice de reclamação, efeito colateral de um remédio etc.

A função perda neste caso é dada por:

$$l(Y) = kY^2, \text{ pois } m = 0,$$

Considerando k como definido na equação (4.4) então:

$$l(Y) = A/\Delta^2 Y^2,$$

e

$$L(Y) = A/\Delta^2 E(Y^2) = A/\Delta^2 \sigma^2.$$

b) O maior é o melhor.

Este tipo de característica funcional de qualidade tem valores não negativos e valor nominal infinito. São exemplos: amplificação, energia, resistência de materiais, capacidade, quilômetros por litro de combustível, satisfação do consumidor e outras características que não têm valor nominal exceto que quanto maior é melhor. A função perda decresce quando Y cresce. Este caso, pode ser considerado como uma particular aplicação do caso anterior, quando o recíproco $1/Y$ é tratado como a característica funcional de qualidade. O valor nominal de $1/Y$ é zero e a função perda é dada por:

$$l(Y) = l(\infty) + l'(\infty) 1/Y + l''(\infty)/2! 1/Y^2 + \dots$$

para $Y \approx \infty$, a perda é zero (e este é o valor mínimo para a perda) então estipulando que:

$$l(\infty) = 0,$$

$$e l'(\infty) = 0$$

têm-se,

$$l(Y) = k 1/Y^2$$

e considerando a equação (4.4), como para o caso anterior:

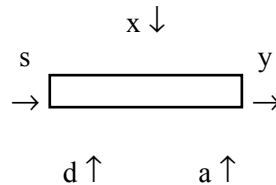
$$l(Y) = \frac{A}{\Delta^2} \frac{1}{Y^2}$$

e então,

$$L(Y) = \frac{A}{\Delta^2} E(1/Y^2) = \frac{A}{\Delta^2} \frac{1}{\sigma^2}.$$

PARÂMETROS OU FATORES DO EXPERIMENTO

A Figura abaixo foi apresentada por Taguchi e Phadke (1984), para representar um produto



onde,

- x - representa os fatores de ruído;
- s - representa os fatores de sinal;
- a - representa os fatores de escala/sinal;
- d - representa fatores de controle;
- y - representa a resposta.

Figura 1. Esquema para representar um produto - Taguchi e Phadke (1984).

Este esquema pode ser usado para representar um processo de fabricação ou qualquer sistema de trabalho. A variável Y representa a resposta medida ou a característica funcional ou de qualidade que está sendo estudada. Taguchi e Phadke (1984) classificam os fatores em quatro classes e os definem como segue:

- a) fatores de Sinal (x_{sin}) - São fatores estabelecidos pelo operador para atingir o desempenho objetivo ou expressar a saída desejada. Os fatores de sinal são selecionados pelo engenheiro com base em conhecimentos de engenharia. Às vezes, mais que um fator de sinal são usados em combinação;
- b) fatores de Controle (x_{con}) - São as especificações dos parâmetros do produto, cujos valores são de responsabilidade do planejador. Cada

um dos fatores pode tomar mais que um valor, que serão referidos como níveis (O objetivo do planejador é determinar os melhores níveis destes fatores);

- c) fatores Escala/Nivelamento (x_{esc}) - Estes são casos especiais dos Fatores de Controle os quais podem ser facilmente ajustados para alcançar o desejado relacionamento funcional entre o fator de sinal e a resposta Y, e são também chamados fatores de ajustamento;
- d) fatores de Ruído (x_{rui}) - Fatores de ruído são fatores incontroláveis. Estes fatores influenciam a saída Y e seus níveis mudam de uma unidade para outra do produto, de um ambiente para outro e de tempos em tempos. Somente as características estatísticas (tais como média e variância) dos fatores de ruído podem ser conhecidas ou especificadas, mas não seus valores reais.

MODELAGEM DA RESPOSTA OU CARACTERÍSTICA FUNCIONAL

Taguchi e Phadke (1984) representaram a resposta medida ou característica funcional por uma função de transferência, que é dependente dos fatores de sinal, de controle, de escala/nivelamento e de ruído, denotada por:

$$Y = f(x_{rui}, x_{sin}, x_{con}, x_{esc}),$$

onde a função f consiste de duas partes:

- a) $g(x_{sin}, x_{con}, x_{esc})$ que é a relação funcional previsível e desejável entre Y e x_{sin} ;
- b) $\varepsilon(x_{rui}, x_{sin}, x_{con}, x_{esc})$ que é a parte não previsível e indesejável.

Assim,

$$Y = g(x_{sin}, x_{con}, x_{esc}) + \varepsilon(x_{rui}, x_{sin}, x_{con}, x_{esc}).$$

No caso onde o relacionamento entre Y e x_{sin} é linear, g será uma função linear de x_{sin} . Todos os termos não lineares e os efeitos de todas as variáveis de ruídos são incluídos em ε .

O objetivo do planejamento será maximizar a parte previsível e minimizar a parte não previsível. Isto é feito pela apropriada escolha dos

níveis de x_{con} e x_{esc} . O planejamento de otimização pode geralmente ser conduzido em dois passos:

- a) encontrar o conjunto de valores para os fatores de controle que maximize a parte previsível enquanto, simultaneamente, minimiza a parte imprevisível. Isto pode ser realizado através do critério de otimização escolhido, denominado por Taguchi de razão sinal-ruído, ("signal-to-noise (S/N) ratio"). Neste passo a variabilidade da característica funcional é minimizada;
- b) Levar a parte previsível, $g(x_{sin}, x_{con}, x_{esc})$, ao nominal ajustando os fatores de controle escala/nivelamento.

PLANEJAMENTO DOS FATORES OU PARÂMETROS DO EXPERIMENTO

Taguchi tem proposto uma nova abordagem para o uso de experimentos estatisticamente planejados, para o planejamento dos fatores. As variáveis que afetam a característica funcional de um produto ou processo são classificadas em duas categorias: fatores de controle e fatores de ruído. Os fatores de controle são os fatores do produto ou processo que podem ser escolhidos pelo experimentador e os fatores de ruído são as variáveis que causam o desvio da característica funcional de seu valor nominal. Para explorar a influência dos fatores $x = (x_{con}, x_{rui})$ sobre uma resposta $f(x) = Y$ com $E(Y) = m$, o seguinte arranjo foi proposto por Taguchi (1989): um planejamento dos fatores ou parâmetros do experimento consistindo de duas partes - uma matriz dos fatores de controle e outra dos fatores de ruído, chamadas arranjo interno ("inner array") e arranjo externo ("outer array"), respectivamente [Taguchi (1982) e (1989), Hunter (1985) e Kackar (1985)].

As colunas da matriz arranjo interno representam o conjunto dos fatores de controle de teste e suas linhas representam os diferentes níveis dos fatores. Similarmente, as colunas da matriz arranjo externo representam o conjunto de fatores de ruído de teste e suas linhas representam os diferentes níveis destes fatores. Um planejamento de parâmetro completo consiste de uma combinação das matrizes como mostra a Figura 2.

Matriz dos Fatores de Controle	Matriz dos Fatores de Ruído	Característica Funcional	Estatística de Desempenho
--------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	------------------------------

Teste	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄		N ₁	N ₂	N ₃			S/N
1	1	1	1	1	----->	1	1	1	----->	Y ₁	
2	1	2	2	2	----->	1	2	2	----->	Y ₂	S/N ₁
3	1	3	3	3	----->	2	1	2	----->	Y ₃	
4	2	1	2	3	----->	2	2	1	----->	Y ₄	
5	2	2	3	1	.	.	.	.			.
6	2	3	1	2	.	.	.	.			.
7	3	1	3	2	.	.	.	.			.
8	3	2	1	3	.	.	.	.			.
9	3	3	2	1		1	1	1	----->	Y ₁	
						1	2	2	----->	Y ₂	S/N ₉
						2	1	2	----->	Y ₃	
						2	2	1	----->	Y ₄	

Figura 2. Um Exemplo de um Planejamento de Parâmetros do Experimento - Kackar (1985).

Observe que para cada corrida do experimento a matriz dos fatores de controle ou arranjo interno é cruzada com todas as colunas da matriz de fatores de ruído ou arranjo externo, e o número total de elementos será o produto do número de linhas da matriz arranjo interno pelo número de linhas da matriz arranjo externo. Este arranjo foi chamado produto-cruzado de arranjos ortogonais por Box (1988).

As matrizes dos fatores são construídas a partir de arranjos ortogonais. Arranjos ortogonais têm sido objeto de estudos de vários pesquisadores dentre eles: Plackette e Burnan (1943), Rao (1947), Adelman (1962), Kempthorne (1979), Taguchi (1989), Kackar, Lagergren e Filleben (1991) etc. Existe uma grande variedade destes arranjos, mas os mais utilizados são: fatorial 2^k , fatorial fracionário 2^{k-p} e fatorial 3^k . Estes arranjos são construídos a partir de quadrado latino, quadrado greco-latino e quadrado hiper-greco-latino. Combinações destes arranjos são freqüentemente construídas, para permitir que fatores com diferentes números de níveis apareçam no mesmo experimento. Os planejamentos em blocos incompletos também podem ser considerados arranjos ortogonais.

O processo de assinalar os fatores em um arranjo ortogonal para um experimento específico, tem sido feito através de um gráfico chamado gráfico linear, desenvolvido por Taguchi para representar interações entre pares de colunas.

ESTATÍSTICA DE DESEMPENHO DA CARACTERÍSTICA FUNCIONAL

O arranjo apresentado na Figura 2 foi construído por Taguchi com o objetivo de, através da característica funcional, medir a variação funcional de um produto ou processo. A característica funcional é medida para cada combinação de níveis dos fatores de ruído, desta forma uma estatística de desempenho estima o efeito dos fatores de ruído para cada combinação de níveis dos fatores de controle. Os valores calculados para a estatística de desempenho estimam o efeito dos fatores de ruído e são utilizados para obter o melhor conjunto de fatores do planejamento, ou seja, para obter o conjunto ótimo de níveis dos fatores de controle.

Uma estatística de desempenho, definida para estimar o efeito dos fatores de ruído sobre a característica funcional, é uma estatística eficiente que se aproveita do conhecimento a priori de engenharia sobre o produto, da função perda e da distribuição da característica funcional.

Suponha que $x_{con} = (C_1, C_2, \dots, C_k)$ represente os fatores de controle e que $x_{rui} = (N_1, N_2, \dots, N_p)$ represente os fatores de ruído incluídos no planejamento de parâmetros do experimento. Suponha também que a característica funcional do produto seja uma função de x_{con} e x_{rui} , isto é $Y = f(x_{con}, x_{rui})$. Os fatores de controle, x_{con} são os parâmetros da distribuição de Y , e para um dado x_{con} , os fatores de ruído geram a distribuição.

Sejam

$$\begin{aligned}\mu(x_{con}) &= E[Y]; \sigma^2(x_{con}) = E[\{Y - \mu(x_{con})\}^2]; \\ CV(x_{con}) &= \sigma(x_{con})/\mu(x_{con}); MSE(x_{con}) = E[(Y - m)^2]; e \\ \delta(x_{con}) &= \mu(x_{con}) - m\end{aligned}$$

representando a média, a variância, o coeficiente de variação, o quadrado médio do erro em torno do valor objetivo m , e o viés da distribuição de Y dado x_{con} , respectivamente. É claro que, com este modelo, as perdas quadráticas esperadas são funções dos fatores de controle.

Uma medida de desempenho é uma função de x_{con} escolhida, para que a otimização da medida do desempenho, com os possíveis ajustamentos, minimize a perda esperada. A perda esperada é uma medida da funcionalidade. Entretanto, algumas vezes o problema de reduzir a perda esperada pode ser simplificado pela otimização de alguma outra função de x_{con} , fazendo-se ajustamentos. Em geral, a medida do desempenho é uma função desconhecida de x_{con} . Uma estimativa da medida do

desempenho é a estatística de desempenho e é utilizada como o critério a ser otimizado.

ESTATÍSTICAS DE DESEMPENHO RECOMENDADAS POR TAGUCHI

Quando a característica funcional Y é medida sobre uma escala contínua, a função perda $l(Y)$ toma uma das três formas, dependendo se “menor é melhor”, “maior é melhor” ou o valor objetivo especificado é melhor ou “nominal é melhor” como visto na seção 4.

As estatísticas de desempenho recomendadas por Taguchi são denominadas razão sinal-ruído (S/N) e definidas, para cada tipo de característica funcional, em conexão com a função perda como exposto a seguir:

a) Característica do tipo “menor é o melhor” (“The smaller the better”)

Neste caso a característica funcional tem uma distribuição não negativa, o valor nominal é $m=0$ e a função perda $l(Y)$ aumenta com Y . A perda esperada

$$L(Y) = E[l(Y)] = E[k(Y-0)^2] = kE[(Y)^2]$$

é proporcional a

$$MSE(x_{con}) = E[(Y - 0)^2] = E[Y^2]$$

e Taguchi (1987) recomenda a seguinte medida do desempenho

$$S/N(x_{con}) = -10 \log MSE(x_{con}). \quad (9.1)$$

Quanto maior o valor de $S/N(x_{con})$, menor é o quadrado médio do erro. Seja $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ uma amostra aleatória da distribuição de Y para um dado x_{con} . A estatística $S/N(x_{con})$ dada pela equação (9.1) pode ser estimada pela estatística de desempenho:

$$S/N(x_{con}) = -10 \log (\sum Y_i^2 / n). \quad (9.2)$$

Esta estatística de avaliação é um estimador pelo método dos momentos da correspondente medida do desempenho.

b) Característica do tipo “maior é o melhor” (“The larger the better”)

A característica de funcionalidade Y tem uma distribuição positiva, o valor nominal é infinito, e a função perda $l(Y)$ decresce quando Y se afasta

de zero. Taguchi sugere que este caso se torna uma aplicação particular do menor é melhor, quando a característica de funcionalidade é tratada como a recíproca $1/Y$. O valor nominal de $1/Y$ e zero é a equação (9.1) se reduz a:

$$S/N(x_{con}) = -10 \log MSE(x_{con})$$

onde

$$MSE(x_{con}) = E[(1/Y)^2]$$

e a estatística de desempenho, análoga à equação (9.2), torna-se

$$S/N(x_{con}) = -10 \log [\sum (1/n)(1/Y_i^2)]. \quad (9.3)$$

- c) Característica do tipo “valor nominal é melhor” (Valor objetivo especificado)

Neste caso, a característica funcional Y tem um valor nominal especificado, m , e a função perda $I(Y)$ cresce simetricamente quando Y se desvia de m em ambas as direções. Para esta situação, Taguchi recomenda a seguinte estatística:

$$S/N(x_{con}) = \log(Y^2 / s^2). \quad (9.4)$$

Kackar (1985 e 1989) observa que, neste caso, a perda esperada dada pela equação (1.5) é proporcional a:

$$MSE(x_{con}) = E[(Y-m)^2]$$

e que

$$\begin{aligned} MSE(x_{con}) &= \sigma^2(x_{con}) + [\delta(x_{con})]^2 = \sigma^2(x_{con}) + [\mu(x_{con}) - m]^2 \\ \sigma(x_{con}) &= CV(x_{con}) \cdot \mu(x_{con}). \end{aligned} \quad (9.5)$$

Sugere então, que os dois casos abaixo sejam analisados.

VARIÂNCIA NÃO LIGADA À MÉDIA

Em muitas aplicações na área de engenharia $\sigma(x_{con})$ e $\mu(x_{con})$ são funcionalmente independentes, uma da outra, e o viés $\delta(x_{con})$ pode ser reduzido independentemente da variância $\sigma^2(x_{con})$. Este pode ser o caso, por exemplo, se um dos fatores de controle tem um grande efeito sobre o valor médio e, portanto, sobre o viés, mas nem sempre afetam a variância. O fator de controle pode então ser utilizado para reduzir o viés

independentemente da variância. Os fatores de controle que têm grande efeito sobre a média, mas nem sempre afetam a variância, são chamados fatores de ajustamento. Neste caso, $\delta(x_{\text{con}})$ é o componente de ajuste do quadrado médio do erro, $\sigma^2(x_{\text{con}})$ é o componente não ajustável e os fatores de ajustamento são aqueles fatores de controle que têm um grande efeito sobre $\mu(x_{\text{con}})$ e, portanto, sobre $\delta(x_{\text{con}})$, mas nem sempre afetam $\sigma^2(x_{\text{con}})$. Quando tais fatores de ajustamento estão disponíveis, $\delta(x_{\text{con}})$ pode ser reduzido independentemente de $\sigma^2(x_{\text{con}})$. Nesta situação a proposta primária do planejamento dos fatores é reduzir $\sigma^2(x_{\text{con}})$. Assim, uma eficiente medida do desempenho poderá ser uma função monotônica de $\sigma^2(x_{\text{con}})$.

Assim,

$$S/N(x_{\text{con}}) = -10 \log \sigma^2(x_{\text{con}}) \quad (10.1)$$

que pode ser utilizado como uma medida do desempenho. Quanto maior a medida do desempenho (estatística de desempenho), menor é a variância $\sigma^2(x_{\text{con}})$. Seja $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ uma amostra aleatória da distribuição de Y para um dado x_{con} .

Então,

$$s^2 = [\sum (Y_i - \bar{Y})^2] / (n-1),$$

onde $\bar{Y} = \sum Y_i / n$,

é um estimador não viesado de $\sigma^2(x_{\text{con}})$ e $S/N = -10 \log s^2$ é uma estatística de desempenho. Segundo Kackar (1898) S/N é uma razoável estatística de desempenho.

VARIÂNCIA LIGADA À MÉDIA

Em alguns casos $\sigma(x_{\text{con}})$ é aproximadamente proporcional a $\mu(x_{\text{con}})$ e, assim, o coeficiente de variação $CV(x_{\text{con}}) = \sigma(x_{\text{con}}) / \mu(x_{\text{con}})$ é uma medida mais significativa da variabilidade que $\sigma(x_{\text{con}})$. Nestes casos, o viés $\delta(x_{\text{con}})$ pode ser reduzido independentemente do coeficiente de variação $CV(x_{\text{con}})$, variável não ajustável. Os fatores de ajustamento são aqueles fatores do planejamento que têm o maior efeito sobre a média $\mu(x_{\text{con}})$ e, portanto, sobre $\delta(x_{\text{con}})$, mas nem sempre afetam o $CV(x_{\text{con}})$. Quando tais

fatores de ajustamento estão disponíveis, o viés $\delta(x_{con})$ pode ser reduzido independente do coeficiente de variação, e a principal proposta do planejamento de fatores é reduzir o $CV(x_{con})$. Pode ser visto da equação (9.5) que, quando o coeficiente de variação permanece pequeno, nenhuma mudança subsequente no valor médio $\mu(x_{con})$ ocasiona grande mudança em $\sigma(x_{con})$. Desta forma, uma eficiente medida do desempenho será uma função monótona de $CV(x_{con})$. Taguchi (1976, 1977) recomenda como medida do desempenho a seguinte estatística:

$$S/N(x_{con}) = -10 \log [\mu(x_{con}) / \sigma(x_{con})]^2. \quad (11.1)$$

Quanto maior é a medida do desempenho maior é o coeficiente de variação. A quantidade $nY^2 - s^2$ é um estimador não viesado de $n[\mu(x_{con})]^2$. Entretanto, Taguchi (1976, 1977) recomenda as estatísticas de desempenho:

$$S/N_1 = 10 \log(Y^2/s^2) \quad (11.2)$$

e

$$S/N_2 = 10 \log [(nY^2 - s^2)/ns^2] = 10 \log (Y^2/s^2 - 1/n), \quad (11.3)$$

ambas equivalentes. O quadrado médio do erro e a perda esperada são minimizados, quando as medidas do desempenho dadas pelas equações (9.6) e (9.7) são maximizadas e o viés $\mu(x_{con}) - m$ é minimizado pelo uso de fatores de ajustamento.

ESTRATÉGIA DE OTIMIZAÇÃO UTILIZANDO TÉCNICAS DE TAGUCHI

A otimização pode ser conduzida em hardware ou simulada em software com um modelo matemático do produto. Os passos para identificar os fatores do experimento para a maximização da característica funcional ou de qualidade, ou as razões sinal-ruído (“signal-to-noise ratios”) podem ser considerados como segue (Taguchi e Phadke (1984):

- a) A otimização é iniciada pela escolha da resposta a ser otimizada e dos quatro tipos de fatores (controle, sinal, escala/nivelamento e ruído) (os fatores de controle, de sinal e de escala/nivelamento serão denominados simplesmente fatores de controle) que serão estudados. Através de um arranjo ortogonal, um conjunto de n valores dos fatores de controle x_{con} é selecionado. Para cada valor selecionado de

x_{con} , x_{coni} , o experimento é conduzido com o objetivo de anular os efeitos dos fatores de ruído x_{rui} e obter a desejada amplitude de x_{sin} .

Experimentos em arranjos ortogonais estabelecem eficientes formas de aumentar o espaço entre fatores de ruído e de sinal;

- b) O próximo passo é a calibração do desempenho, isto é, analisar o desempenho dos fatores escala/nível na avaliação do S/N, S/N (x_{coni}). Na prática, não é necessário determinar o melhor valor do fator escala/nível, x_{esc} , para cada x_{con} . É suficiente determinar S/N (x_{coni});
- c) Após avaliar S/N (x_{coni}) para $i = 1, 2, 3, \dots, n$ é realizada a análise de média e variância para determinar o efeito de cada elemento de x_{con} sobre S/N. Esta informação é, então, utilizada para selecionar níveis ótimos de x_{con} que serão denotados por x_{con}^* ;
- d) Nesta etapa, é realizada uma confirmação do experimento para x_{con}^* . Se os resultados são satisfatórios, pode-se terminar a otimização. Se não, reanalisam-se os dados e/ou inicia-se o próximo ciclo de experimentos.

DISCUSSÃO

Taguchi introduziu algumas novas idéias sobre engenharia da qualidade, que trariam um profundo efeito sobre todos os aspectos de manufatura desde o planejamento até a fabricação de produtos, passando por testes de aceitação. Devido às vantagens que estas idéias possam trazer é importante que elas sejam inteiramente entendidas e depois desenvolvidas. A essência destas idéias pode ser sumarizada como segue:

- 1 - Formulação de um medida da variabilidade de um produto ou processo (estatísticas de desempenho). Uso da técnica de análise de variância ANOVA aplicada a essa medida da variabilidade, para analisar a natureza da variação do desempenho e para dividi-la em componentes identificáveis. Isto estende a ANOVA convencional, onde somente a resposta média é investigada;
- 2 - Uso de métodos estatísticos para produzir um planejamento de produto e processo de produção, que são escolhidos para minimizar variação do desempenho (melhorar qualidade). Isto inclui “planejamento dos fatores” (seleção dos valores ótimos para os fatores significantes) e “planejamento de tolerâncias”, assegurando que o desempenho seja insensível a mudanças internas, produção ou fatores de ruído (fatores externos);

- 3 - A importância de “fechado ao nominal” (“closeness to target”) como um critério de desempenho, ao invés de “dentro das especificações”;
- 4 - A redução substancial dos custos pode resultar da habilidade de escolher planejamentos que sejam robustos;
- 5 - Mudando a ênfase principal de controle de qualidade, durante a produção (“on-line”), para antes da produção (“off-line”) com a ajuda de detalhadas mudanças contínuas monitoradas por poucos e bem planejados experimentos preparatórios.

De maneira geral, a filosofia de Taguchi é considerada eficiente para o processo de melhoria da qualidade em qualquer organização. Porém, algumas objeções quanto às suas táticas devem ser observadas.

Em muitas situações das aplicações publicadas, os seguintes pontos tornam-se aparentes:

- 1 - Uma desnecessária lista de planejamentos de experimentos é oferecida; por exemplo, o “OA₁₈ (2 x 3⁷)” (arranjo ortogonal) parece ser um dos mais utilizados nas aplicações publicadas; os fatores de interesse são manipulados para se ajustarem a este plano, ao invés de se escolher o plano correto para ajustar os fatores importantes e seus níveis necessários. Entretanto, existe uma grande variedade de planos. Combinações destes planos podem ser contruídas para permitir fatores com diferentes números de níveis. Arranjos não-ortogonais podem também ser utilizados;
- 2 - O formato do experimento dado pela Figura 2 pode requerer um grande número de corridas de teste, porque o arranjo dos fatores de ruído é repetido para toda linha no arranjo de fatores de controle. Também, usa um grande número de graus de liberdade para estimar todas as possíveis interações entre fatores de controle e fatores de ruído;
- 3 - Interações não são adequadamente analisadas. De fato, interações entre fatores de controle e fatores de ruído não são consideradas. Taguchi não dá importância às interações, mas reconhece suas presenças e recomenda métodos para reduzi-las. Por outro lado, importantes fatores podem ser erradamente menosprezados. Não podemos esquecer que um efeito de interação significativo indica que todos os fatores envolvidos (na interação) são significativos, apesar do fato de que seus efeitos principais na ANOVA possam não mostrar significância;

- 4 - A escolha da medida do desempenho é não convincente. De todas as razões sinal-ruído sugeridas por Taguchi, qual deve ser usada? Em aplicações publicadas as razões sinal-ruído são usadas sem uma justificativa satisfatória. Não há razão para sempre otimizar a razão sinal-ruído no primeiro passo da otimização. A razão sinal-ruído é uma função monótona do coeficiente de variação, que é uma medida particular da variabilidade. Em geral, diferentes medidas da variabilidade deverão ser otimizadas no primeiro passo para diferentes modelos. A razão sinal-ruído para um específico valor objetivo pode produzir um viés na média se o desvio-padrão e a média não são linearmente conectados Box (1986), Logthetis e Wynn (1989). Também a utilidade das medidas sinal-ruído maior é melhor e menor é melhor são extremamente duvidosas para qualquer tipo de dados Box e Ramires (1986), Box (1988) e Logothetis e Wynn (1989). Assim, uma medida do desempenho invariante para qualquer tipo de dados será de grande valor;
- 5 - Embora a abordagem através do modelo de resposta tenha sido recomendada como uma excelente alternativa para modelar e analisar planejamentos de experimentos robustos, o desenvolvimento da metodologia não está completamente estudado Logothetis (1989);
- 6 - A importância da transformação de dados não parece ser apreciada ou explorada o suficiente;
- 7 - Fatores de ruído não são completamente investigados a priori para a aplicação dos métodos de Taguchi, embora sejam a base e o aspecto mais importante dessa técnica.

A técnica é um sistema direto e bem integrado para implementação de planejamento de experimentos estatísticos, encoraja experimentação, estimula associação entre estatísticos e engenheiros e o conhecimento de estatística na indústria.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi suportado pelo CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDELMAN, S. Orthogonal main effect plans for asymmetric factorial experiments. *Technometrics*, 4:21-46, 1962.

- BOX, G. Signal-to-noise ratios, performance criteria, and transformations. *Technometrics*, 30:1-40, 1988.
- BOX, G., BISGAARD, S. & FUNG, C. An explanation and critique of Taguchi's contributions to quality engineering. *Qual. and Reliab. Internat.*, 4:123-131, 1988.
- HUNTER, J.S., Statistical design applied to product design". *J. of Qual. Technol.*, 17:210-221, 1985.
- KACKAR, R.N. Taguchi Methods: In: HARRISON M.: WADSWORTH, Jr. (ed). *Handbook of Statistical Methods of Engineers and Scientists*, 1989.
- KACKAR, R.N. Off-line quality control, parameter design, and the Taguchi method, *J. of Qual. Technol.*, 17:176-185, 1985.
- KACKAR, R.N., LAGERGREN, E.S. & FILLIBEN, J.J. Taguchi's fixed-element arrays are fractional factorials. *J. of Quality Technology*, 23:107-115, 1991.
- KACKAR, R.N. & SHOEMAKER, A.C. Robust design: a cost-effective method for improving manufacturing processes. *AT & Technical Journal*, 65, 1986.
- KEMPHORNE, O. *The design and analysis of experiments*. New York: Robert E. Krieger Publishing, 1979.
- LOGOTHETIS, N. & WYNN, H.P. *Quality through design*. Clarendon Oxford Press: 1989.
- PHADKE, M. *Quality engineering using robust design*. Englewood Cliffs: P T R Prentice Hall, 1989.
- PHADKE, M.S. *Design optimization case studies*. *AT&T Technical Journal*, 65:51-68, 1986.
- PHADKE, M.S. Quality engineering using design of experiments. *Proceedings of the Americam Statistical Association: section on statistical education*, 1982. p. 11-20
- PLACKETT, R.L. and BURMAN, J.P. The design of optimum multifactorial experiments. *Biometrika*, 33:305-325, 1946.
- RAO, C.R. Factorial experiments derivable from combinatorial arrangements of arrays. *J. of the Royal Statist. Soc.*, 9(Suppl.):128-139, 1947.
- TAGUCHI, G. & PHADKE, M.S. Selection of quality characteristics and S/N ratios for robust design. *Proccedings of IEEE Globecon 87 Conference*.
- TAGUCHI, G. *System of experimental design*. KRAUS INTERNATIONAL PUBLICATIONS, 1987, White Plains: UNIPUB. vol. 1 and 2.
- TAGUCHI, G. *Taguchi on robust technology developement*. New York: Asme Press, 1993.
- TAGUCHI, G. & WU, YUIN. *Taguchi methods: case studies from the U.S. and Europe*. Dearborn: ASI Press, 1989.
- TAGUCHI, G & PHADKE, M.S. Quality engineering through design optimization. *Proccedings of IEEE Globecon 84 Conference*.
- TAGUCHI, G. ELSAYED, E.A. & HSIANG, T. *Quality engineering in production systems*. New York: McGraw-Hill Book, 1989.
- TAGUCHI, G. *Quality engineering in Japan*. *Communications Statistics - Theory and Meth.*, 14:2785-2801, 1985.

VARIABILIDADE MENSAL E INTERANUAL DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DE MARINGÁ, 1976-1994

Glaucia Deffune* e Elcio S. Klosowski*

RESUMO. O presente estudo trata da determinação e análise dos coeficientes e percentuais de variação da precipitação pluviométrica de Maringá, para um período de dezenove anos. A metodologia ora empregada é uma adaptação preconizada por Estienne, P. e Godard, A. (1970). Organizaram-se quatro tabelas com os coeficientes de variação mensal e duas tabelas com os respectivos percentuais de variação mensal para toda a série analisada. Tal estudo torna evidente que os maiores coeficientes de variação mensal concentram-se nas estações do verão e outono e os maiores percentuais no outono, verão e primavera, respectivamente. Observou-se, também, que a variabilidade mensal das precipitações está diretamente relacionada ao avanço mais rápido da superfície frontal em altitude do que junto ao solo, em virtude do papel de freio, exercido pela rugosidade do terreno que desencadeia o processo de frontólise e homogeneização do ar.

Palavras-chave: variabilidade, coeficientes, percentuais, precipitação.

MONTHLY AND INTERANNUAL RAINFALL VARIATION IN MARINGÁ, 1976-1994

ABSTRACT. The present study tries to determine and analyse the coefficients and rates of rainfall variation in Maringá for a period of nineteen years. The methodology was adapted from the method proposed by Estienne and Godard (1970). Four tables with coefficients of monthly variation and two tables with the respective rates of monthly variation were organised for the whole series of data. This study points out that the greatest coefficients of monthly variation are concentrated in summer and autumn, while the greatest rates are concentrated in autumn, summer and spring, respectively. The authors also observed that the monthly variation of rainfall is directly related to the faster advance of the frontal

* Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

Correspondência para Glaucia Deffune.

Data de recebimento: 09/10/95.

Data de aceite: 11/03/96.

area at higher altitude than at ground level because of the earth's rugose surface, which starts the frontolysis and air homogenisation process and functions as a brake.

Key words: variability, coefficients, rates, rainfall.

INTRODUÇÃO

A distribuição temporal das precipitações pluviométricas de Maringá será abordada quanto à variabilidade mensal e interanual. A análise do regime anual contribui com informações indispensáveis para o planejamento do uso dos recursos hídricos e para os mais diversos fins.

Caracterizam-se as flutuações e as tendências temporais da pluviometria anual como componentes de grande interesse prático, pois o volume de chuva que cai em um ponto, num ano qualquer, difere usualmente do volume precipitado no ano anterior e no subsequente. Numa área urbana, a identificação dessas oscilações é muito importante no dimensionamento de galerias pluviais, na preservação de áreas não compactadas para possibilitar a infiltração da água precipitada, em períodos de maior concentração e intensidade, com o objetivo de minimizar os transtornos advindos das enchentes, que afetam de maneira marcante as atividades humanas, desde as mais simples até aquelas mais complexas.

Os agentes climáticos e hidrológicos abrangem diretamente os padrões anuais de precipitação e oscilação térmica. Verifica-se que as condições de insolação, a alternância de estações do ano e os padrões de movimentação de massas de ar são fatores que, numa visão mais ampla, condicionam o regime de chuvas e as temperaturas médias numa dada região.

Na região tropical, a precipitação pluviométrica é o parâmetro meteorológico mais importante. Segundo Molion (1987), nos últimos anos, vem-se constatando a grande variabilidade que esse parâmetro tem apresentado com relação ao comportamento global do clima.

Com relação ao excesso ou escassez de precipitação, esses são altamente prejudiciais às atividades agrícolas e hidrológicas, principalmente no que se refere ao controle e operação de reservatórios e à segurança de barragens e populações ribeirinhas. Nesse aspecto, a previsão de precipitação tem grande importância no planejamento das atividades humanas, sejam quais forem.

Em 1961, Maack constatou como resultado da modificação da paisagem natural, causada por exagerado desmatamento no estado do Paraná:

- 1- Perturbação do limite natural entre as zonas climáticas Cfa e Cwa, com uma tendência cada vez maior dos extremos: uma vez um inverno muito seco com aridez catastrófica e temperaturas elevadas e, outra vez, períodos muito extensos de chuvas hibernais com excessiva umidade e as conseqüentes entradas de frente polar e alteração dos coeficientes de variação das precipitações de 1,6 para 2,0;
- 2- Perturbação do ciclo normal da água, em conseqüência da alteração dos fatores climáticos: diminuição do nível freático, esgotamento das fontes e condução irregular da água pelos rios, carregados de sedimentos e com enchentes extremas.

Estienne e Godard (1970) procederam a estudos sobre os coeficientes de variação pluviométrica e temperatura do ar, e determinaram módulos extremos para períodos úmidos e secos, para várias regiões do mundo. Tal metodologia também norteará este estudo sobre Maringá. É muito comum afirmar-se que determinado ano foi bom de chuva, muito chuvoso ou muito seco. Esta afirmação é feita levando-se em consideração o regime pluviométrico médio da região. Normalmente, ela é uma informação subjetiva e que pode gerar confrontos de opiniões.

Entre os regimes pluviométricos pode ser feita a comparação em períodos de anos, horas e locais distintos.

Suponhamos que se queira comparar o regime pluviométrico de determinado ano com o regime médio do ano. O período de comparação pode envolver todos os meses do ano, determinados períodos (por exemplo: março a junho, abril a setembro, agosto a dezembro etc.) ou anos consecutivos. A escolha do período depende da finalidade que se pretende dar à informação.

Remenieras (1986) apresentou um estudo sobre módulos pluviométricos conforme as latitudes do globo terrestre. Nas latitudes de 20°, as precipitações são de 2410mm; nas latitudes de 30°, precipitações de 1320mm; e 40°, com 900mm.

As maiores variações pluviométricas estão diretamente relacionadas ao avanço mais rápido da superfície frontal em altitude do que junto ao solo, em virtude do papel do freio, exercido pela rugosidade do terreno que desencadeia o processo de frontólise e homogeneização do ar.

Maringá se localiza numa área de influência das correntes perturbadas de oeste, segundo Nimer (1977), facilitando a incursão de frentes frias em altitude, provocando chuvas intensas nas estações de outono, inverno e, primavera e eventualmente, no verão.

Dessa forma, a importância da pluviometria, sob o ponto de vista qualitativo e quantitativo, ao longo dos meses do ano, tem um caráter indicativo das condições climáticas de uma região.

Características Climáticas de Maringá

Segundo Deffune (1994), o clima de Maringá, sob a abordagem de Thornthwaite, apresenta-se como úmido e quanto às chuvas, com excesso de verão, pequena deficiência hídrica determinada através do índice de aridez e, quanto à eficiência térmica, classifica-se como mesotérmico. A evapotranspiração máxima apresentou-se com concentração de verão, configurando-se o tipo climático - B1W2rB'4a'.

Quanto à classificação de Köppen, caracteriza-se como clima tropical mesotérmico úmido com chuvas de verão e outono e quanto à temperatura, o padrão foi elevado ao longo da série analisada (1976/1992), sendo classificado como quente e o tipo climático Cw'h.

Um aspecto que deve ser considerado com relação à distribuição da precipitação pluvial ao longo dos meses é a situação predominante na região de Maringá, com relação ao uso da terra para fins agrícolas. Conforme Deffune (1990), pode-se destacar que a distribuição sazonal das chuvas, com alta concentração no fim da primavera, coincide com a época em que grande parte dos solos da região de Maringá estão desprotegidos, devido ao preparo da terra para as culturas de verão, implicando numa alteração do balanço de energia e possibilitando a formação das chuvas convectivas, que se apresentam em forma de pancadas isoladas e com uma razoável intensidade.

METODOLOGIA

Foram determinados, nesta pesquisa, os percentuais de variação mensal da precipitação pluviométrica, em função do número de dias de chuva no mês, para Maringá-Pr, do período compreendido entre 1976/1994, conforme Tabelas 1a e 1b.

A Tabela 2 mostra os percentuais médios para os dezenove anos analisados.

Numa segunda etapa, calculou-se segundo a metodologia de Estienne e Godard (1970), os coeficientes de variação mensal da precipitação conforme a seguinte equação:

$$P_i = P \times n / 365 \text{ e } q = p / P_i$$

P = Total anual de precipitação

n = número de dias do mês

p = total mensal de precipitação

q = coeficiente mensal, conforme Tabelas 3, 4a e 4b. A Tabela 3 refere-se ao resumo do período (1976/1994), e as Tabelas 4a e 4b dos anos representativos - 1977, 1978, 1981, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1991, 1992 e 1994 - de toda a série analisada.

RESULTADOS

Por mais que se queira determinar ciclos periódicos de seca ou de umidade para Maringá, os dados demonstram variações totalmente desprovidas de sincronismo, ao longo da série estudada.

Mesmo com a forte mobilidade dos ciclos, a série possibilitou identificar que, nas estações de outono e primavera, vem ocorrendo uma variação gradativa na amplitude das precipitações pluviais.

Conforme a Tabelas 1a e 1b, há uma concentração dos maiores percentuais de variação pluviométrica mensal nas estações do outono (21 de março à 22 de junho) e primavera (23 de setembro a 22 de dezembro), conforme tabela abaixo:

Tabela 1a. Percentuais de variação mensal da precipitação para Maringá-PR., período 1976 a 1985 (total mensal precipitação/nº de dias de chuva no mês).

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Jan	13,00	16,50	5,90	10,90	15,10	11,00	10,80	19,20	10,80	12,60
Fev	1,20	7,70	8,80	13,90	13,50	12,90	12,80	8,10	7,90	18,90
Mar	5,40	16,90	14,40	8,70	15,30	10,80	9,70	25,20	12,10	16,60
Abr	15,20	11,90	13,40	15,00	20,50	27,20	6,70	11,70	16,80	14,50
Mai	9,10	3,20	16,40	12,50	25,10	2,90	6,50	14,80	9,10	23,70
Jun	19,00	20,00	18,20	0,00	9,70	16,50	18,50	20,80	4,50	10,90
Jul	14,60	10,40	32,80	9,00	6,40	16,20	12,80	4,90	1,80	16,80
Ago	17,00	6,90	6,30	7,60	9,50	4,00	4,50	0,00	9,40	2,90
Set	9,70	10,30	20,00	16,00	16,90	3,90	12,70	20,50	21,60	7,30
Out	22,70	5,10	14,10	19,50	16,50	19,70	19,60	16,90	13,60	7,30
Nov	8,70	10,50	12,50	9,10	25,50	11,60	13,70	13,80	9,90	9,00
Dez	17,60	16,40	7,40	21,90	21,30	21,20	18,70	8,90	18,90	10,90
Média	12,70	11,30	14,20	12,00	16,30	13,10	12,20	13,70	11,30	12,60

Tabela 1b. Percentuais de variação mensal da Precipitação para Maringá-PR., período 1986 a 1994.

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Jan	15,80	8,30	9,70	14,80	20,00	23,00	4,60	16,70	18,60
Fev	18,90	16,70	9,50	7,80	6,50	10,50	11,20	14,30	8,60
Mar	7,80	3,40	20,20	9,80	12,10	7,90	12,60	11,50	12,10
Abr	17,40	17,60	8,50	11,70	14,40	23,10	17,20	29,50	10,00
Mai	16,60	24,70	13,10	8,70	14,70	5,40	30,40	17,20	14,90
Jun	1,90	21,70	8,50	13,30	9,30	12,70	11,50	17,70	27,00
Jul	4,80	13,40	0,00	13,20	11,40	7,40	3,60	11,50	8,70
Ago	15,30	1,50	0,00	15,20	13,80	6,90	5,80	2,30	0,20
Set	5,50	6,40	6,80	18,00	16,80	14,50	13,50	15,90	12,10
Out	10,00	8,40	24,50	28,30	7,80	6,60	12,00	17,20	7,60
Nov	6,70	38,20	5,20	8,00	7,20	21,70	23,10	10,70	11,30
Dez	13,80	15,20	9,60	11,90	8,20	15,90	8,30	24,90	18,30
Média	11,20	14,60	9,60	13,40	11,80	13,00	12,80	15,80	12,40

Outono

Março	1983	25,2%
-------	------	-------

Abril	1981	27,2%
-------	------	-------

	1991	23,1%
--	------	-------

	1993	29,5%
--	------	-------

Maio	1985	23,7%
------	------	-------

	1992	30,4%
--	------	-------

Junho	1977	20,0%
-------	------	-------

	1994	27,0%
--	------	-------

Primavera

Setembro	1984	21,6%
----------	------	-------

Outubro	1975	22,7%
---------	------	-------

	1982	19,6%
--	------	-------

	1988	24,5%
--	------	-------

	1989	28,3%
--	------	-------

Novembro	1980	25,5%
----------	------	-------

	1987	38,2%
--	------	-------

Dezembro	1979	21,9%
----------	------	-------

Na Tabela 2, encontra-se a variação média dos percentuais pluviométricos, em função do número de dias de chuvas mensal de Maringá, que, para o período analisado, é de 12,8%, constata-se, também, que os valores médios dos maiores percentuais de variação mensal, concentram-se nas estações de outono e primavera.

Tabela 2. Percentuais médios de variação mensal de 19 anos de precipitação pluviométrica para Maringá-PR., período 1976 a 1994.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	13,50	11,00	12,20	15,90	14,10	13,80	10,80	06,80	13,00	14,60	13,50	15,20
Média Anual	12,80											

Quanto aos coeficientes médios de variação mensal em função do total pluviométrico anual, a Tabela 3 mostra, que em 08 meses do ano, os coeficientes atingiram valores superiores a 1,0 e 04 meses apresentaram valores inferiores. Esta análise foi realizada para a série de dezenove anos. Mas, ao analisar-se as Tabelas 4a e 4b (ano a ano), encontram-se coeficientes superiores, tais como:

1977	Janeiro	2,4
	Março	2,4
1978	Julho	3,0
1981	Dezembro	2,8
1984	Dezembro	2,4
1985	Fevereiro	3,0
	Março	2,1
1986	Fevereiro	2,9
1987	Maio	2,2
	Novembro	2,1
1989	Janeiro	2,6
1991	Janeiro	2,2
	Maio	2,8
1994	Janeiro	2,1

Tabela 3. Coeficiente médio mensal de precipitação pluviométrica de Maringá-Paraná, período 1976 a 1994.

Valor	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Pi	134,15	125,49	134,15	129,82	134,15	129,82	134,15	134,15	129,82	134,15	129,82	134,15
p	191,67	153,94	146,79	130,18	137,68	102,68	62,93	51,10	129,46	143,09	127,78	201,56
q	1,43	1,23	1,09	1,00	1,03	0,79	0,47	0,38	1,00	1,07	0,98	1,50

Tabela 4a. Valores de Pi, do total mensal de precipitação e do coeficiente "q" para Maringá-Pr.

Ano	Valor	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1977	Pi	116,29	105,03	116,29	112,54	116,29	112,54
	p	280,70	54,30	288,90	83,30	16,30	119,80
	q	2,41	0,52	2,48	0,74	0,14	1,06
1978	Pi	87,31	78,86	87,31	84,49	87,31	87,49
	p	82,80	53,00	144,10	13,40	98,90	18,20
	q	0,95	0,67	1,65	0,16	1,13	0,22
1981	Pi	141,11	127,46	141,11	136,56	141,11	136,56
	p	166,30	141,70	108,20	218,20	8,70	132,40
	q	1,18	1,11	0,77	1,60	0,06	0,97
1984	Pi	117,04	109,48	117,04	113,26	117,04	113,26
	p	140,20	79,80	182,40	167,80	63,80	9,00
	q	1,20	0,73	1,56	1,48	0,55	0,08
1985	Pi	117,83	106,43	117,83	114,03	117,83	114,03
	p	101,00	322,20	250,00	174,50	165,90	21,90
	q	0,86	3,03	2,12	1,53	1,41	0,19
1986	Pi	133,93	120,97	133,93	129,61	133,93	129,61
	p	205,10	359,00	86,40	104,20	231,90	3,80
	q	1,53	2,97	0,65	0,80	1,73	0,03
1987	Pi	145,77	131,66	145,77	141,07	145,77	141,07
	p	133,20	251,00	31,10	106,00	322,00	152,30
	q	0,91	1,91	0,21	0,75	2,21	1,08
1988	Pi	108,76	101,75	108,76	105,25	108,76	105,25
	p	107,00	151,90	182,30	128,20	197,60	67,70
	q	0,98	1,49	1,68	1,22	1,82	0,64
1989	Pi	133,86	120,91	133,86	129,54	133,86	129,54
	p	354,60	156,30	78,70	105,80	52,10	106,80
	q	2,65	1,29	0,59	0,82	0,39	0,82
1991	Pi	123,87	111,88	123,87	119,88	123,87	119,88
	p	277,00	84,10	126,80	162,10	43,30	126,70
	q	2,24	0,75	1,02	1,35	0,35	1,06
1992	Pi	139,19	130,21	139,19	134,70	139,19	134,70
	p	27,60	145,90	213,90	172,40	395,40	45,90
	q	0,20	1,12	1,54	1,28	2,84	0,34
1994	Pi	122,80	110,92	122,80	118,84	122,80	118,84
	p	260,90	155,30	109,50	90,40	89,70	189,50
	q	2,12	1,40	0,89	0,76	0,73	1,59

Tabela 4b. Valores de Pi, do total mensal de precipitação e do coeficiente "q" para Maringá-Pr.

Ano	Valor	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

1977	Pi	116,29	116,29	112,54	116,29	112,54	116,29
	p	31,40	27,60	103,70	35,80	146,90	180,50
	q	0,27	0,24	0,92	0,31	1,31	1,55
1978	Pi	87,31	87,31	84,49	87,31	84,49	87,31
	p	262,50	12,60	140,60	42,30	100,50	59,10
	q	3,01	0,14	1,66	0,48	1,19	0,68
1981	Pi	141,11	141,11	136,56	141,11	136,56	141,11
	p	16,20	16,00	27,80	295,40	127,30	403,30
	q	0,11	0,11	0,20	2,09	0,93	2,86
1984	Pi	117,04	117,04	113,26	117,04	113,26	117,04
	p	5,60	84,80	172,60	68,00	119,80	284,20
	q	0,0	0,72	1,52	0,58	1,06	2,43
1986	Pi	133,93	133,93	124,61	133,93	129,61	133,93
	p	23,90	152,60	54,90	60,40	73,80	220,90
	q	0,18	1,14	0,42	0,45	0,57	1,65
1987	Pi	145,77	145,77	141,07	145,77	141,07	145,77
	p	80,60	3,00	77,10	117,40	306,00	136,60
	q	0,55	0,02	0,55	0,81	2,17	0,94
1988	Pi	108,76	108,76	105,25	108,76	105,25	108,76
	p	0,00	0,00	34,40	270,10	26,20	115,20
	q	0,00	0,00	0,33	0,48	0,25	1,06
1989	Pi	133,86	133,86	129,54	133,86	129,54	133,86
	p	79,40	152,30	162,00	113,20	72,30	142,60
	q	0,59	1,14	1,25	0,85	0,56	1,07
1991	Pi	123,87	123,87	119,88	123,87	119,88	123,87
	p	22,20	34,40	87,30	65,70	173,60	255,30
	q	0,18	0,28	0,73	0,53	1,45	2,06
1992	Pi	139,19	139,19	134,70	139,19	134,70	139,19
	p	35,90	40,40	189,80	120,40	184,90	66,40
	q	0,26	0,29	1,41	0,87	1,37	0,48
1994	Pi	122,80	122,80	118,84	122,80	118,84	122,80
	p	52,10	0,20	48,70	123,10	124,90	201,60
	q	0,42	0,00	0,41	1,00	1,05	1,64

DISCUSSÃO

Se compararmos a precipitação pluviométrica de Maringá, com o módulo pluviométrico proposto por Remenieras (1986), dos dezenove anos da série pesquisada, dois anos se encaixam na latitude de 30° e 17 anos na latitude de 20°, respectivamente, apresentando um valor médio para o período de 1579,5mm, com 2189 dias de chuva em 19 anos, representando um valor médio de 9,6 dias de chuva ao mês, ou 115,2 dias de chuva no ano.

No mesmo período, confirmam-se, para Maringá, coeficientes de variação superiores aos encontrados por Maack em 1961. Desta forma, pode-se afirmar que vem ocorrendo uma oscilação significativa na distribuição das chuvas ao longo dos meses para a localidade de Maringá, ao registrar coeficientes de variação entre 2,0 e 3,0, o que revela uma variação para mais de 1,0 a 1,4 (cerca de 50% ou mais aproximadamente).

Os percentuais de variação do mesmo mês, em anos diferentes, por se apresentarem osciláveis já é motivo de preocupação, em se tratando de uma área urbana, que vem de forma acelerada compactando o seu solo e verticalizando-se cada vez mais, fatores extremamente decisivos para o acirramento das alterações. Os elementos e fatores de ordem local e, outros de meso ou até de macroescalas são peças fundamentais para futuras investigações, que venham explicar o perfil pluviométrico de Maringá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEFFUNE, G. *Clima e uso da terra no norte e noroeste do Paraná-1975/1986*: subsídios ao planejamento regional. São Paulo: USP, 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo, 1990.
- DEFFUNE, G. *et al.* Classificação Climática e índices de aridez para Maringá-Pr, de 1976/1992. *Boletim de Geografia*, 12:3-27, 1994.
- ESTIENNE, G. & GODARD, A. *Climalogie*. Paris: Armand Colin, 1970. p. 95-106.
- MAACK, R. A modificação da paisagem natural pela colonização e suas conseqüências no norte do Paraná. *Boletim Paranaense de Geografia*, 2:29-50, 1961.
- MOLION, L.C.B. El niño foi tema de conferência Internacional. *Espacial*, 9:12, 1987.
- NIMER, E. Clima. In: *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977, n. 5. p. 35-79.
- REMENIERAS, G. *Tratado de hidrologia aplicada*. Barcelona: Técnicos Asociados, 1986. p. 65-123.

HEAT STABILITY OF SOLUBLE AND IONICALLY BOUND PEROXIDASE FROM ORANGE

Edmar Clemente *

ABSTRACT. Soluble and ionically bound peroxidase have been obtained from orange juice, albedo and peel. A high level of peroxidase activity was present in the peel. Non-linear heat inactivation was observed for orange peroxidase. The soluble peroxidases were particularly heat stable and regenerated when held at 30###C following heat inactivation.

Key words: heat stability, peroxidase, orange.

ESTABILIDADE TÉRMICA DA PEROXIDASE SOLÚVEL E DE LIGAÇÃO IÔNICA EXTRAÍDO DA LARANJA

RESUMO. Peroxidase solúvel e peroxidase ionicamente ligada foram extraídas do suco de laranja, do mesocarpo e casca. A peroxidase presente na casca foi a que apresentou atividade mais alta. Na inativação pelo calor, observou-se ser não linear. As peroxidases solúveis foram particularmente mais estáveis ao calor, e renaturaram quando deixadas a 30###C após a inativação pelo calor.

Palavras-chave: estabilidade térmica, peroxidase, laranja.

INTRODUCTION

Peroxidase is an oxidoreductase enzyme capable of catalyzing a number of oxidation reactions in plants using either peroxides or in some cases oxygen as a hydrogen acceptor (McLellan and Robinson, 1984). It is well known that, under certain conditions of limited heat treatment, peroxidase enzymic can regain activity with loss of flavour which is believed to be responsible for further loss of quality by the development of flavour in vegetables (Lu and Whitaker, 1974). Peroxidase is an

* Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

Correspondence to Edmar Clemente.

Received: May 25, 1995.

Accepted: July 21, 1995.

enzyme stable to heat treatment (Burnette, 1977); indeed, it is considered that any heat treatment sufficient to destroy peroxidase activity will also destroy most other enzyme systems (Reed, 1975). In case of orange the levels of peroxidase in the juice was associated with loss of flavour quality (Bruemmer *et al.*, 1976). The heat inactivation of peroxidase is non-linear, a large decrease in activity is observed during the initial stages of a given heating process, but the rate of inactivation then changes to a much slower process. Regeneration of peroxidase following heat inactivation has also been reported for some vegetable and fruit extracts, eg. kohlrabi (Vamos-Vigyazo *et al.*, 1979), Brussels sprouts and cabbage (McLellan and Robinson, 1981), apples (Moulding *et al.*, 1987), pears (Moulding *et al.*, 1989), mango (Khan and Robinson, 1993).

Longer heat treatment was found to be necessary in order to irreversibly inactivate horseradish peroxidase than that required for reversible inactivation (Adams, 1978).

The HTST treatments commonly used commercially in fruit and vegetable processing are less effective for irreversible peroxidase inactivation than the traditional, more prolonged methods (Adams, 1978).

Commercial orange juice production includes some albedo and peel of the fruit in the juice, which will make a large contribution to the total peroxidase activity. The current investigation includes consideration of the heat stability of orange juice, albedo and peel.

MATERIALS

Ortho-Dianisidine was purchased from Koch Light Laboratories Ltd, Colnbrook, Bucks, and pentosanase from Novo Enzyme Products Ltd, Farnham, Surrey. All other chemicals were obtained in the analar grade from BDH Chemicals Ltd, Poole Dorset.

Oranges *Citrus Sinensis* (L.) Osbeck, were purchased in a local supermarket.

METHODS

The orange soluble and ionically bound peroxidase were extracted according to the method described by McLellan and Robinson, (1984).

INACTIVATION AND REGENERATION OF PEROXIDASE ACTIVITY

Heat treatments leading to the inactivation of peroxidase were carried out at 60, 70 and 75###C for up to 10 min. Each time/temperature

treatment was carried out on triplicate samples. The regeneration of heat inactivated peroxidases was allowed for up to 3.5 h at 30°C. The chosen conditions of heat treatment prior to regeneration measurements were the same for all different fractions.

ASSAY OF PEROXIDASE ACTIVITY

Peroxidase activity was estimated using ortho-dianisidine method (McLellan and Robinson, 1981). Initial reaction rates were measured using a Pye Unicam SP 8200 UV/Vis Spectrophotometer.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the peroxidase activity found in extracts of orange juice, albedo and peel. The change in absorbance per minute per millilitre was less than 0.4 for both fraction juice soluble peroxidase and ionically bound peroxidase. The ionically bound fractions from albedo were found to contain more than 5 times this level of peroxidase activity, and the soluble and ionically bound fractions from peel were found to contain more than 26 and 21 times this level of peroxidase activity, respectively.

The extracts from albedo and peel were obtained by extraction of 10 g of albedo or peel in 100 ml buffer (sodium phosphate buffer 100 mM, pH 6.0). Furthermore, the presence of pentosanase in the preparation of the fraction from albedo, was to prevent gelling of the albedo extracts, due to the high pectin content and the addition of that substance may have reduced the peroxidase activity in those fractions (Cruz Para, 1982).

Table 1. Peroxidase Activity in Orange Extracts. (n=3).

Extract	### OD _{460nm} /min.ml)	Sd (###)
Juice soluble peroxidase (JSP)	0.39	0.02
Juice ionically bound peroxidase (JIP)	0.11	0.00
Albedo soluble peroxidase (ASP)	0.36	0.01
Albedo ionically bound peroxidase (AIP)	2.20	0.02
Peel soluble peroxidase (PSP)	10.20	0.01
Peel ionically bound peroxidase (PIP)	8.40	0.01

n - number of measurements

Sd - Standard deviation

###OD - change in optical density

Inactivation plots for soluble and bound peroxidase from orange juice, albedo and peel are shown in Figures 1 to 6. For each fraction, the

heat treatment resulted in a non-linear inactivation curve, which indicates the heat inactivation is a multiphasic process, and, therefore, each fraction maybe contains a number of peroxidase isoenzymes which differ in their stability to heat.

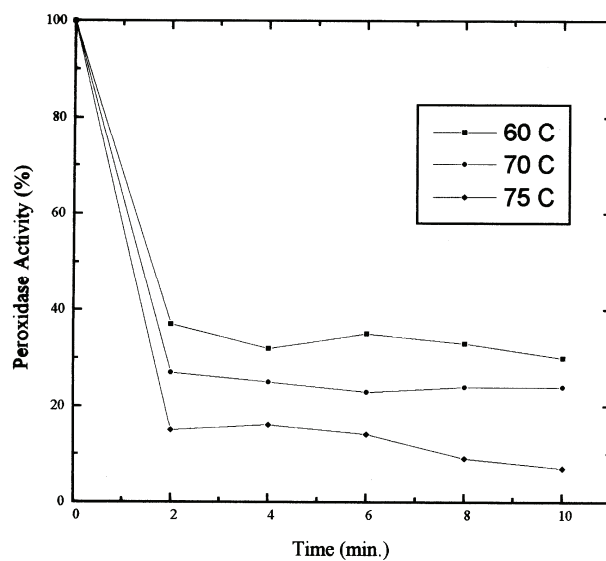


Figure 1. Heat inactivation of orange juice soluble peroxidase (JSP).

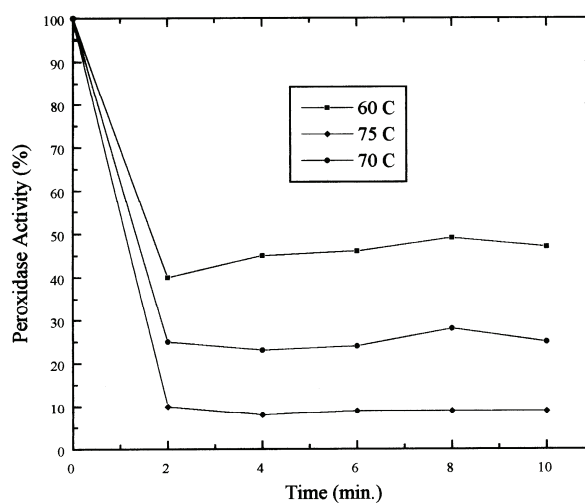
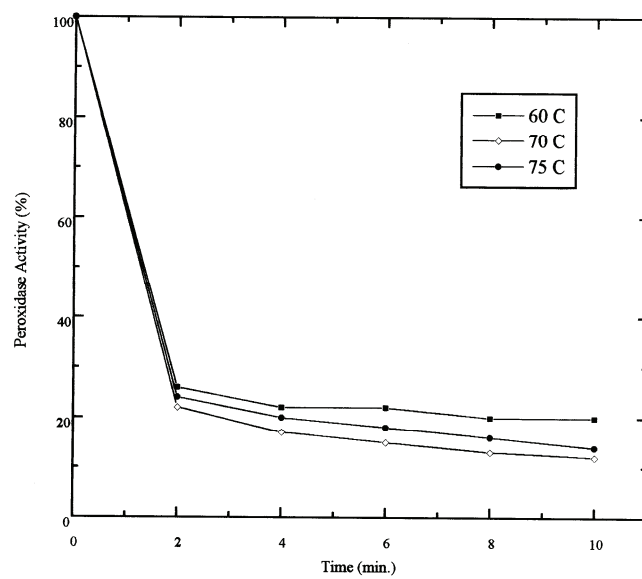
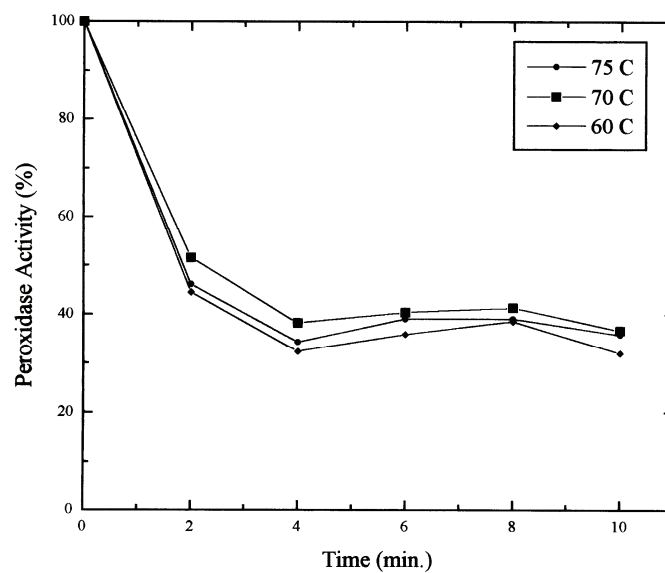


Figure 2. Heat inactivation of orange ionically bound peroxidase (JIP).**Figure 3.** Heat inactivation of albedo soluble peroxidase (ASP).**Figure 4.** Heat Inactivation of albedo ionically bound peroxidase (AIP).

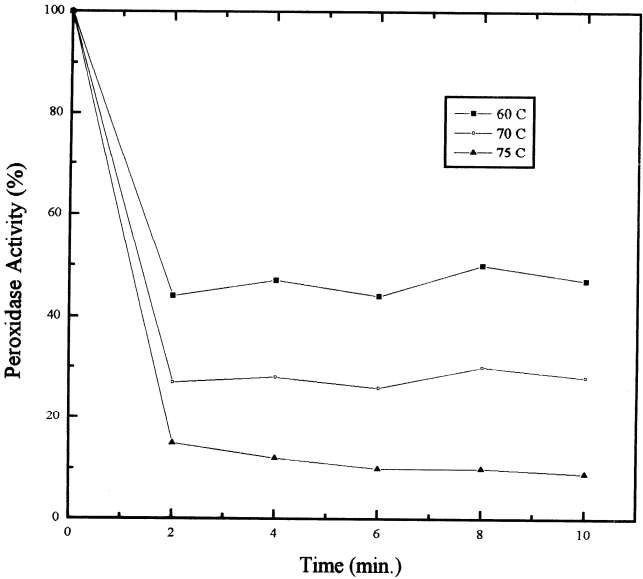


Figure 5. Heat inactivation of peel soluble peroxidase (PSP).

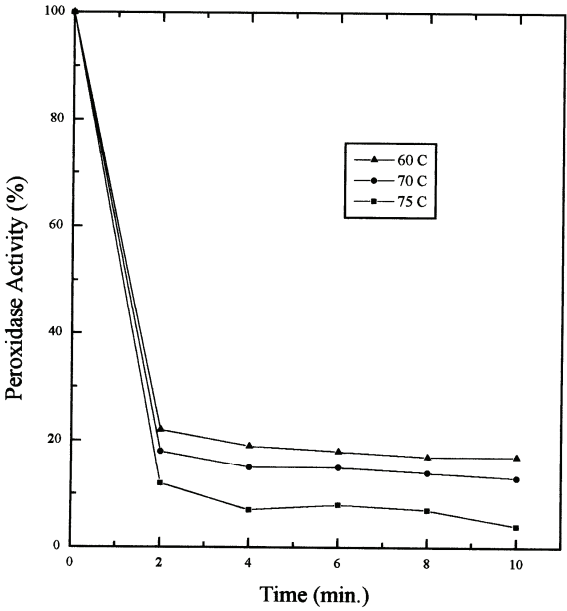
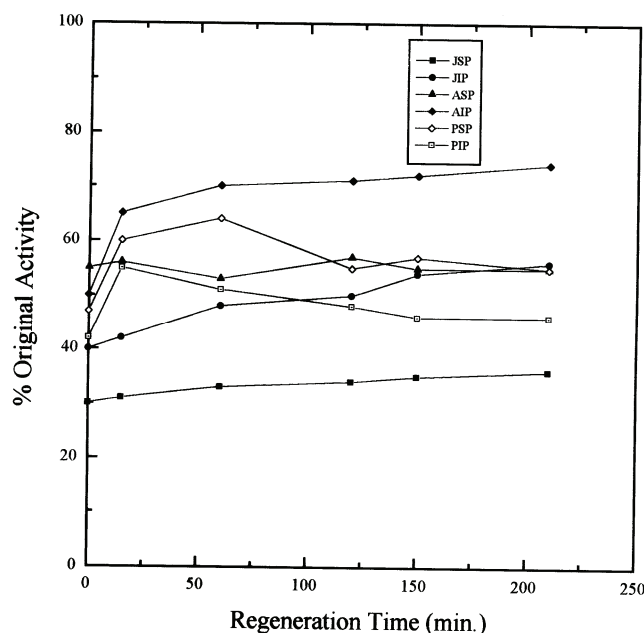


Figure 6. Heat inactivation of peel ionically bound peroxidase (PIP).

The ionically bound peroxidase obtained from juice and albedo appears to be more stable at lower temperature than the corresponding soluble fractions.

However at 70°C and 75°C the soluble fractions were more stable than the ionically bound fractions. McLellan and Robinson (1984) reported a high peroxidase activity in the albedo fraction of orange (*Citrus aurantium*), however they did not study the level of peroxidase in the peel. Moulding *et al.* (1989) claimed with their studies in pears that the highest peroxidase activity was found in the peel. Moulding *et al.* (1987) also found the highest peroxidase activity in the peel of apples.

The course of regeneration of peroxidase activity against time for the heat treated extracts obtained from orange is shown in Figure 7.



JSP-juice soluble peroxidase, JIP-Juice ionically bound peroxidase, ASP-albedo soluble peroxidase, AIP- albedo ionically bound peroxidase, PSP-peel soluble peroxidase, PIP-peel ionically bound peroxidase.

Figure 7. Regeneration of peroxidases extracted from orange.

CONCLUSION

The crude extracts of soluble peroxidase from albedo were comparatively less stable to heat than the fractions of ionically bound peroxidase. However the soluble peroxidase present in the fractions obtained from the peel was more stable to high temperatures than the ionically bound peroxidase. The fractions obtained from orange juice have shown similar behaviour to that obtained from the peel. This different behaviour between the fractions from peel, albedo and orange juice may be due to a different isoenzyme composition which could also be responsible for the apparent slight regeneration.

In order to provide better knowledge on fruit peroxidases, further studies must be carried out to understand the thermostability and the isoenzyme composition.

REFERENCES

- ADAMS, J.B. The inactivation and regeneration of peroxidase in relation to the high temperature-short time processing of vegetables. *Inst. of Food Sci. and Tech. Proceedings*, 11(2):72-80, 1978.
- BRUEMMER, J.H., ROE, B. & BOWEN, E.R. Peroxidase reactions and orange juice quality. *J. Food Sci.*, 41:186-189, 1976.
- BURNETTE, F.S. Peroxidase and its relationship to food flavour and quality: a review. *J. Food Sci.*, 42:1-6, 1977.
- CRUZ PARA, M.E. Tese (Mestrado) - Procter Department of Food Science. University of Leeds, 1982.
- KHAN, A.A. & ROBINSON, D.S. The thermostability of purified mango isoperoxidases. *Food Chem.*, 47:53-59, 1993.
- LU, A.T. & WHITAKER, J.R. Some factors affecting rates of heat inactivation and reactivation of horseradish peroxidase. *J. Food Sci.*, 39:1173-1178, 1974.
- McLELLAN, K.M. & ROBINSON, D.S. The effect of heat on cabbage and Brussels sprout peroxidase enzymes. *Food Chem.*, 7:257-266, 1981.
- McLELLAN, K.M. & ROBINSON, D.S. Heat stability of peroxidases from orange. *Food Chem.*, 13:139-147, 1984.
- MOULDING, P.H., GRANT, H.F., McLELLAN, K.M. & ROBINSON, D.S. Heat stability of soluble and ionically bound peroxidases extracted from apples. *Int. J. Food Sci. and Technol.*, 22:391-397, 1987.
- MOULDING, P.H., GOODFELLOW, J., McLELLAN, K.M. & ROBINSON, D.S. The Occurrence of isoperoxidase in conference pears. *Int. J. Food Sci. and Technol.*, 24:269-275, 1989.
- REED, G. Peroxidase. In: *Enzymes in food processing*. Academic Press, New York: 1975. p. 243-247.

VAMOS-VIGYAZO, L., MIHALYI, K. & FARKAS, J. Kohlrabi peroxidase-kinetics, heat inactivation and regeneration. *Confructa*, 24:38-52, 1979.

JULGAMENTO E CRITÉRIOS EM ANÁLISES DE IMPACTO AMBIENTAL

Hermam Vargas Silva*

RESUMO. As análises de impacto ambiental nem sempre têm sido explícitas no reconhecimento de valores de julgamento subjetivos que necessitem ser feitos no processo de coleta, refinamento, avaliação e apresentação de informações científicas objetivas. Este trabalho procura descrever os tipos de juízos objetivos e subjetivos que são feitos em cada passo das análises de impacto ambiental. Os juízos subjetivos, que precisam ser feitos, são baseados em valores, sentimentos, crenças e preocupações, e estão em função do contexto pessoal, institucional, profissional e social do analista. Se não tomarmos cuidado na elaboração destes julgamentos, tornando bem explícitos estes valores de interrelação, a credibilidade do analista pode ser questionada. Para tanto, este tenta tornar a natureza dos processos de análise mais explícitas, com respeito à introdução e tratamento de valores, assim cada problema pode ser entendido e melhor gerenciado por cientistas e tomadores de decisão.

Palavras-chave: análise de impacto ambiental, Relatório do Impacto Ambiental - RIMA, avaliação do impacto ambiental, meio ambiente.

JUDGEMENT AND CRITERIA IN ENVIRONMENTAL IMPACT ANALYSES

ABSTRACT. Analyses of environmental impact have not always been explicit about the values of subjective judgement that must be made in the process of collecting, refining, assessing, and presenting objective scientific information. This paper has outlined the types of objective and subjective judgements that are made in each of the major steps of the environmental impact analyses. The subjective judgements to be made are based on values, feelings, beliefs, concern and social context of the analyst. It has also attempted to make the nature of the

* Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

Correspondência para Hermam Vargas Silva.

Data de recebimento: 07/07/95.

Data de aceite: 28/12/95.

process of analysis explicit regarding the introduction and treatment of values, so that these problems can be understood and, it is hoped, properly managed by both scientists and decision-makers.

Key words: environmental impact analysis, environmental impact report, environmental impact evaluation, environment.

INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos, avaliações de impactos têm se tornado importantes no planejamento e em implementações de grandes, pequenos e médios projetos, dos setores público e privado. Aliado a isto, grandes mudanças têm se realizado, no processo de tomada de decisão, de maneira que possam ser consistentes com as expectativas, capacidades e responsabilidades de uma grande variedade de situações e pessoas.

Estas oportunidades e mudanças têm sido sentidas, no Brasil, como resultado da implementação de leis de cunho ambiental, da criação do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), e da sua primeira resolução, que torna obrigatório a apresentação do relatório do impacto ambiental para o licenciamento de inúmeras atividades.

Uma das maiores dificuldades no desenvolvimento de técnicas e métodos de análise é explicitar os julgamentos objetivos e subjetivos que se requerem no estudo; é claro que estas avaliações carecem de dados confiáveis, de julgamentos científicos e conclusões evidentes, sendo necessário que o analista introduza alguns valores de julgamento, podendo utilizar-se de critérios subjetivos de uma maneira objetiva, eliminando a necessidade de determinar os valores envolvidos nas análises.

Para o propósito deste trabalho, julgamentos objetivos são aqueles que envolvem ou utilizam fatos que são renováveis ou verificáveis, especialmente por método científico, e não dependem de relações pessoais, sentimentos, opiniões ou preconceitos. O que não sugere que pessoas com conhecimento diversificado poderão fazer os mesmos juízos objetivos, pois existe ainda muito desentendimento entre cientistas, em importantes pontos da teoria da interpretação dos dados. Portanto, estes critérios podem ser diferentes e ainda serem considerados objetivos.

Por outro lado, os julgamentos ditos subjetivos são aqueles que são feitos com base em valores (sentimentos, intuições) e crenças. Eles, geralmente variam muito de pessoa para pessoa, entre grupos e

instituições, que ali, em termos de cultura, podem mudar, mas requerem uma alteração nos valores da parte que está julgando.

Os critérios objetivos podem ser mudados por uma simples introdução de novos dados ou uma nova interpretação aceitável da situação.

Com respeito ao ambiente, esses juízos ou critérios objetivos descrevem uma alteração no próprio meio (por exemplo, o número de peixes que podem ser mortos em certas circunstâncias), enquanto que os julgamentos subjetivos analisam a relação de como as pessoas sentem o fato (por exemplo, um cidadão não pode sentir-se bem, enquanto estiver sabendo que a morte dos peixes é extremamente alta).

ANALISANDO IMPACTOS AMBIENTAIS

Antes da discussão de um problema ambiental, é usual considerar a causa fundamental da alteração. É bom reforçar que a ruptura do equilíbrio no ambiente não é uma meta ou um fim em nenhuma atividade, e sim, uma consequência, um subproduto das atividades ou dos meios através dos quais são conduzidos. São atividades humanas, que no geral, existem para preencher importantes questões (alimentação, abrigo, vigilância ou outras necessidades físicas e emocionais) (Bishop, 1972). No processo de preenchimento dessas necessidades, o homem e sua inventividade determinam o meio e o uso do seu ambiente. Às vezes, usando o ambiente e seus recursos diretamente (comida, óleo, mineração) ou indiretamente (como sistema de deposição de resíduos, por exemplo). Atualmente, começa-se a perceber que parte dos custos pagos pelos “serviços” de que necessitam envolvem o fato da exaustão desse recurso, que é finito.

Está criado o conflito em que hoje vivemos: o desejo de continuar a obter este recurso *versus* o desejo de não degradar ou de não destruir os bens naturais finitos.

Neste contexto, não existem vilões puros, o que há, às vezes, é que existem pessoas e organizações que priorizam outros usos e valores, enquanto que privam uma parte da sociedade de suas necessidades que também têm valor. Resolver estes conflitos envolve mudanças, afetando profundamente os interesses legítimos de alguns segmentos da sociedade, que terão, como consequência, atividades socialmente desejáveis, numa lista de custos indesejáveis (Ditton e Coodale, 1972).

Este é o grande dilema da resolução dos conflitos no gerenciamento ambiental. Se uma sociedade decide que a poluição de um rio é indesejável, não se poderá simplesmente fechar a empresa poluidora. Para o empresário, o importante não é poluir, mas criar produtos que as pessoas necessitem para comprar. Se a sociedade decide sobre o uso de algumas árvores, não se pode forçar os madeireiros/reflorestadores, a pararem de cortá-las, o seu negócio não é matar árvores, mas providenciar madeira e papel para inúmeros usos da sociedade.

Analisar os impactos ambientais é fornecer, através de uma via sistemática, informações que a sociedade necessita para resolver estes conflitos. Considerando que tais conflitos são o resultado de valores em confronto, as análises devem incorporá-los. Quando incluem valores de juízo, necessitam ser cercadas do maior cuidado possível ou tornar-se-ão mais um instrumento de conflito.

Uma análise ambiental inclui avaliação, definição e delineamento do problema, representados pela natureza dos vários produtos, de decisões científicas, sociais e políticas. Sem o entendimento do tipo de decisão e a ordem nas quais elas são obtidas, o analista não poderá trabalhar, muito menos ter base para executar uma avaliação coerente, pois na realidade os valores de juízo estão implícitos.

Num esforço, analistas e pesquisadores devem ajudar-se mutuamente, discutindo juízos objetivos e subjetivos, que precisam ser analisados na confecção de todos os passos de um relatório, como citado pela legislação brasileira (CONAMA, 1986) e discutido em Silva, 1991:

- identificar as atividades principais;
- seleção dos componentes ambientais;
- seleção dos tipos de impactos;
- determinação das possibilidades e/ou probabilidades de ocorrência;
- determinação do grau de impacto;
- determinação da duração do impacto;
- designação dos impactos como positivo, neutro ou negativo;
- determinação das relações entre atividades e impactos.

Uma análise ambiental é um processo altamente interativo. Cada novo grupo de dados sugere a inclusão de uma nova informação ou valores nas diferentes etapas do estudo, conseqüentemente, partes da análise podem ser refeitas e, raramente, podem gerar conclusões definitivas sem as informações do passo anterior ou de outras análises.

IDENTIFICANDO AS PRINCIPAIS ATIVIDADES

A discussão que aqui se segue será baseada na relação que há entre as atividades e/ou seus subprodutos, gerando impactos nos componentes ambientais.

Algumas atividades impactam o ambiente diretamente e indiretamente através dos seus subprodutos. Geralmente, o analista pode catalogar as principais atividades de um projeto, requerendo: um estudo extensivo das suas fases (construção, operação, expansão, manutenção e disposição final); e análises das entradas e saídas dos processos; para determinar o impacto ambiental dos produtos, da produção (processamento, usos e disposições, fases e processos), além do potencial do risco de acidentes.

Às vezes num projeto mais complexo, a lista das atividades e seus desdobramentos são tão proibitivamente longas, que há pouco tempo ou pouco recurso para analisar os impactos resultantes, devemos, então, nos utilizar de valores de julgamento claros para diminuir a lista, embora possam parecer objetivos, eles, usualmente, são baseados em alguns critérios subjetivos. Por exemplo, quando um engenheiro afirmar que o trator de esteira, num novo local, não provoca nenhum efeito adverso ao ambiente, podendo, com isso, retirá-lo da atividade da lista de possíveis impactos. Pode ser o resultado do desconhecimento dos efeitos do trator em partes do ambiente que têm importância, tais como: poluição sonora, ou com relação às alterações sobre partes “não importantes” do ambiente, tais como: colônias de formigas que serão destruídas.

O exemplo demonstra a natureza subjetiva desta parte da análise e também o quão interativo e correlacionável poderá ser um processo de análise.

Sem critérios para “importância ou não-importância” de impactos nos componentes do ambiente, não há nenhuma maneira de listar as atividades e seus subprodutos, para a redução em termos mais simples.

Se outros passos não são realizados primeiro, a listagem das atividades torna-se um coro sem finalidade. Mas se as atividades não são listadas primeiro, como podemos identificar os impactos e analisá-los?

Esta dificuldade é geralmente resolvida através de dois caminhos (Bagley, 1972):

- pela combinação do trabalho sobre as várias partes, simultaneamente, e agindo seletivamente através de uma série de

- observações para uma atividade, impacto ou componente do ambiente e
- pela utilização de julgamentos subjetivos que são feitos explicitamente ou implicitamente em atividades similares (por exemplo, durante a construção de um conjunto de prédios os cidadãos locais fizeram uma manifestação, pois os tratores perturbarão o sono dos seus filhos, poluição sonora, sem, no entanto, mencionar as colônias de formigas que serão destruídas).

Usando a primeira forma descrita acima, introduzimos toda a subjetividade das outras partes do trabalho na lista (que é objetiva) das atividades.

A segunda forma pode resultar na introdução da subjetividade sem o benefício de torná-la explícita em outras partes do estudo.

SELEÇÃO DOS COMPONENTES AMBIENTAIS

A seleção daqueles componentes do ambiente, que serão considerados na análise de impacto, é crítica. Eles determinarão a extensão do conhecimento sobre a atividade e sobre a natureza dos problemas, além de algumas soluções em potencial. Existe, pois, uma lista grande de componentes ambientais determináveis objetivamente e várias maneiras de definir as relações entre eles (Bumgold e Enk, 1972). Julgamentos subjetivos podem ser introduzidos de tal maneira que somente os componentes mais importantes e as relações mais simples sejam usadas na análise. A decisão deve também ser pensada sobre a definição do ambiente, por exemplo, se incluir o social, tanto quanto os componentes naturais e suas relações.

O conceito de “importância” implica num conjunto de juízos de valor que deverão ser relacionados a algo (homem, peixe, animais selvagens etc) e são feitos por uma pessoa ou grupo que detêm o significado desses valores. Quais os valores que poderão ser usados como critério de seleção - os do grupo ecológico local, a corporação transnacional, a indústria turística, o governo ou algum outro interesse? (Ditton e Goodale, 1972).

A lista dos componentes mais importantes irá variar de grupo a grupo e as razões da construção da lista também vão mudar (a mesma espécie de peixe pode ser apontada por pescadores e conservacionistas por razões extremamente opostas).

O analista poderá decidir quais os valores que aceitará para que um componente seja afetado e quais ele rejeitará; deve também especificar quais os critérios escolhidos para a análise, ou seja, aspecto social, político ou ecológico e conhecimento próprio ou de base institucional. Assim, este estudo não estará longe de uma análise objetiva, mas as observações estarão sendo feitas num contexto de parâmetros subjetivos (Bumgold, 1972).

Essa seleção de componentes ambientais é, portanto, baseada mais em valores que em ciência, provendo assim o analista de uma listagem que o ajude a gerenciar seu problema.

SELEÇÃO DO TIPO DE IMPACTO

Quando algum componente do ambiente for afetado por alguma atividade ou subproduto desta, há uma grande variedade de tipos de impacto que podem ser considerados. Por exemplo, se uma espécie de planta ou animal é afetada, ela será listada somente se a espécie for erradicada ou, se seu número for reduzido a um certo nível (que nível?) ou se a saúde ou o bem-estar é afetado (o quanto?) ou se o impacto sobre as espécies criar outro conjunto de alterações em outras espécies ou no meio biológico, geológico, social, nos processos químicos etc...

A identificação dos tipos de impactos, tais como extinção, mortalidade, morbidade e instabilidade, para alguns componentes, é um processo objetivo. Mas, aqui, mais uma vez o analista é levado pela extensão teórica da listagem, como foi o caso nos passos anteriores. Em adição há uma nova dificuldade - o estado do conhecimento científico é muito pobre com respeito aos tipos de impactos que são possíveis e para suas ramificações nas partes relacionadas ao ambiente.

A necessidade da redução da lista de impactos e da sua importância, esta, portanto, em relação direta com as limitações da comunidade científica, que tenta, ainda hoje, providenciar um guia das implicações de alguns impactos, forçamos analista a inúmeros julgamentos subjetivos. Quando fatos objetivos são escassos, é necessário o apoio de coisas que possam ser avaliáveis (valores, sentimentos, crenças e preocupações).

Há, às vezes, uma questão importante sobre quais valores e em que bases podemos adotar os critérios do processo de seleção, e quão explícito é sobre as coisas. Este problema não é encontrado quando fazemos juízos subjetivos, mas o grau no qual o reconhecemos quando

fazemos a análise, suas bases e a responsabilidade devem estar explícitas na análise.

O principal tipo de julgamento subjetivo poderá ser feito como se segue:

- qual o tipo de dano ou comprometimento de cada componente específico do ambiente poderá ser notado? (por exemplo, o aspecto de extinção ou processos irreversíveis de autocorreção de perturbações);
- quanto será o dano ou comprometimento em cada componente ambiental que serão considerados “importantes” o bastante para requerer uma análise completa (por exemplo, a extinção das dunas versus “os falcões peregrinos”, ou diminuição de saúde das pessoas da cidade versus uma colônia de formigas, ou a diminuição da porcentagem anual da precipitação local versus a pequena variação no estado constante da temperatura global);
- finalmente, quais tipos de segunda, terceira e quarta ordem de efeitos do impacto primário serão considerados e quanta pesquisa será usada para identificá-los. O exemplo, que segue, ilustra este último ponto: A atividade de uma nova indústria pode criar novos empregos, os quais geram um impacto primário, ou seja, a mudança do padrão de vida da comunidade, resultando então em uma alteração no estilo de vida dominante, promovendo um influxo de pessoas, gerando mudanças em grupos étnicos e religiosos, os quais podem alterar o meio cultural da cidade (Bishop, 1972).

A compilação e análise de dados objetivos e a aplicação dos tipos de julgamentos subjetivos discutidos ilustram quão complexa é a análise; o único caminho para torná-la simples é usar de numerosos julgamentos subjetivos, com alguns critérios “maior” ou “importante”.

O relacionamento observado acima não pode ser representado matematicamente como uma lista de categorias de análise: em vez de uma longa lista de fatores somados juntos, poderemos fazer uma série de correlações. Uma certa atividade poderá ser impactante, por exemplo, em cinco lugares de um determinado componente ambiental, em três lugares noutro componente, e assim por diante.

Alternativamente, o analista poderá anotar esse componente ambiental, que será impactado em quatro lugares, por uma atividade específica, em dois lugares, por um efeito de terceira ordem ou outra atividade, e assim por diante.

A correlação deve descrever a multiplicidade de casos que devem ser analisados para a discussão.

AValiação das possibilidades e/ou probabilidades de ocorrência

O que até agora analisamos produz relações hipotéticas e potenciais de causa-efeito entre atividades e componentes ambientais. Temos, agora, a necessidade de determinar a possibilidade de que um certo efeito irá ocorrer como resultado de um projeto ou atividade, ou mesmo de um acidente. O efeito pode também ser certo ou incerto, dentre alguns parâmetros estáticos. Se é incerto, estamos nos referindo a um “risco”.

Na análise de risco o dado será impreciso, usando frases ambíguas, tais como: altamente próximo, muito próximo, quase certo etc. A interpretação dessas frases varia de pessoa para pessoa, de contexto para contexto, contendo, claramente, julgamentos subjetivos.

Em princípio, se o conhecimento científico for adequado para dar o suporte, a determinação de quanto uma atividade afetará (com certeza) ou apresentará um risco (com alguma probabilidade) poderá ser objetiva. O que não é o caso geral, pois há muitas discordâncias entre cientistas e profissionais de diferentes linhas de pensamento.

Infelizmente, pode ocorrer a falta de conhecimento, mesmo empírico, nas ciências ambientais, então o analista, deve se precaver com relação a alguns julgamentos não embasados que aparecem na avaliação, devendo também estar atento a valores tendenciosos nas conclusões.

DETERMINAÇÃO DO GRAU DE IMPACTO

As análises das mudanças que ocorrem em um componente ambiental, como resultado de um impacto (presente ou futuro), são um processo objetivo tão longo quanto a base científica sobre as quais estas conclusões estão assentadas. As mesmas dificuldades que discutimos anteriormente podem retornar com as mesmas conseqüências com respeito aos julgamentos subjetivos que foram implicitamente introduzidos.

Alguns juízos subjetivos são muito diferentes daqueles que foram discutidos anteriormente; podendo, às vezes, nem chegar a um contexto de valor. Este é um ponto importante para o analista reconhecer: quando o estágio de determinação é alcançado qualitativamente e

quantitativamente, o número de mudanças que ocorrem para um efeito específico tem, às vezes, seus parâmetros totalmente definidos pela natureza subjetiva.

Se o analista limita-se a si mesmo na avaliação de um grande impacto, ele apresentará resultados que incluem outras variáveis, ou seja, “seu” conhecimento será comprometido por seus “outros” valores (Ousde 1970).

As avaliações sobre o grau de impacto podem resultar de mudanças nos parâmetros ou processos ambientais sem relacionar as causas dessas mudanças a alguma atividade particular, permitindo possibilidades indesejáveis, tornando-as potencialmente geradoras de efeitos, por exemplo, a predição de que a redução da camada de ozônio na estratosfera pode resultar no aumento da incidência de câncer de pele tem trazido à tona muitas pesquisas e até a eliminação do usado gás CFC em equipamentos.

DETERMINAÇÃO DA SUCESSÃO DOS IMPACTOS NO TEMPO

Outra dimensão importante na avaliação ambiental é a escala de tempo, na qual os efeitos poderão ocorrer. Às vezes, essa determinação é relativamente rápida e é também baseada em juízo objetivo, um exemplo é o tempo que podemos obter sobre certas condições, para o derretimento do capeamento de gelo da Antártica (embora com um grande erro). Em outros casos, a determinação do tempo (sucessão) pode ser nebuloso, por exemplo, a quantidade de tempo que levaremos para erradicar um organismo que afeta a estabilidade e/ou diversidade de um ecossistema e o tempo que exigirá o mesmo ecossistema para alcançar um novo estado de equilíbrio. Nestes casos, o tipo de julgamento subjetivo será o das probabilidades.

O encadeamento dos acontecimentos é muito importante numa política de decisão, especialmente se um impacto indesejável ocorrer dentro de alguns anos (horizonte de tempo normal para um político ou um alto cargo da administração pública).

Hoje, alguns analistas têm uma grande ênfase na redução de impactos adversos de curto prazo, ignorando-os de longo prazo ou esperando algum novo caminho para minimizá-los. A palavra que é geralmente usada para descrever esses impactos de curto prazo é “eminente”, as definições são de natureza altamente subjetiva. Sendo estes rótulos

usados para denotar 2 dias, 2 semanas, 2 anos, 2 décadas ou 2 gerações, sendo que será uma discussão subjetiva a que irá refletir os valores de quem rotula.

Há também incertezas na determinação, se a ocorrência de um efeito adverso ou risco for iminente. Embora, torne-se particularmente enfadonha a realização, geralmente é necessário qualificar o julgamento de iminência com um “desejável” ou “indesejável”, que refletem a falta de base científica (Stafford, 1971).

Decisões sobre a escala temporal podem ser influenciadas por vários fatores, tais como: irreversibilidade ou não renovabilidade. Podendo ser determinados objetivamente mas podendo também ser analisados subjetivamente.

DESIGNANDO OS IMPACTOS COMO POSITIVO, NEUTRO OU NEGATIVO

Enquanto que a determinação do grau de impacto é quase que puramente objetiva, a designação dos impactos como positivos (ou benéficos), neutros ou negativos (adversos) é puramente subjetiva, pois baseia-se na experiência do analista e no significado de ambiente para as pessoas envolvidas.

DETERMINAÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE ATIVIDADES E IMPACTO

A etapa final, numa análise de impacto ambiental, é relatar as alterações e todos os julgamentos a ela associados a ele, com as pessoas que têm interesse na exploração das implicações da aceitação dos impactos ou modificação ou suspensão das atividades causadoras de distúrbios. Geralmente, referimo-nos a isto como objeto de uma análise de custo-benefício. Assim, a nossa avaliação será feita por numerosos fatores de custo-benefício individuais, em uma variedade de fatores, semelhantes a uma análise econômica, o custo-benefício ecológico de um impacto sobre um componente do ambiente e um custo-benefício político para controle da atividade (Stover, 1972).

O objetivo da análise de custo-benefício é providenciar informações que serão usadas na confecção de duas classes de decisões de gerenciamento ambiental: aquelas onde haverá aceitação ou não aceitação de efeitos adversos e aquelas sobre modificações, alternativas ou

controles, que poderão assegurar que os custos não excederão os benefícios de nenhuma atividade.

Isso pode, à primeira vista, parecer complexo, são processos dinâmicos nos quais todos os julgamentos são dependentes uns dos outros. A decisão de “aceitação” dos efeitos adversos não pode ser feita sem critérios e estes, são dependentes da percepção de todas as análises de custo benefício de uma dada atividade, por exemplo, a perda de um predador benéfico, pelo uso de um pesticida, poderá ser aceitável se a vegetação a ser salva for uma plantação de algodão, mas será muito mais difícil se estivermos numa cultura de rosas.

Por outro lado, não se pode determinar que a variação do custo-benefício para a plantação de algodão poderá ser menor que a outra. Então, o “custo ambiental” que a sociedade deseja aceitar está na dependência da sua relação com o custo-benefício total da atividade, da qual ela faz parte.

Isso é um trabalho interativo, requerendo que sejam feitas algumas suposições, nas análises de custo-benefício, sobre como a sociedade irá julgar a aceitação das modificações alternativas ou dos controles.

O melhor para o analista é providenciar um relatório pormenorizado, a respeito desses valores e expressá-los em termos de “se o efeito for julgado inaceitável, será pelas seguintes razões...”, “então os custos se sobreporão aos benefícios...”, “somente os benefícios são considerados como segue...”, por outro lado, seguem-se benefícios que, às vezes, não poderão ser comparáveis com outros.

Tendo-se a certeza de que nada mais poderemos adicionar, nem pesquisar, podemos reduzir o que dissemos a seguinte equação algébrica:

$$C_{\text{Total}} = C_{\text{Atividade}} + \sum_0 (\text{impactos}). \sum_p (\text{componentes}). C_{\text{Efeitos}}$$

onde C é custo; e

$$BT = BA + \sum_0 \sum_p BE$$

onde B é o benefício

Se encontrarmos $C_T > BT$ ou que o benefício bruto não é suficiente, deveremos buscar controles para mitigar esses efeitos, note-se que com isso mudaremos todas as determinações e cálculos, por exemplo, se introduzirmos um custo direto no controle de uma atividade, na equação acima teremos:

$$C_{Tco} = C_{Aco} + \sum_{0co} \sum_{pco} C_{Eco} C_o$$

C_{CO} - custo do controle e, similarmente, para o Benefício (BT), podendo ser feito para todos os controles (C_{co1} , C_{co2} ... C_{con}). Ressalta-se que aqui não pode haver uma comparação entre a relação C_{Tco}/B_{Tco} e a relação C_T/B_T para determinar se um controle é satisfatório ou não.

O analista deve ter alguns critérios subjetivos explícitos, sobre quais as bases que utilizará na investigação entre atividade, impactos e alguns controles, que poderão ser possíveis, devendo, assim desenvolver um pequeno “valor” que o ajudará na determinação das várias interrelações.

ADOTANDO O “VALOR”

Este trabalho tem mostrado que, em todo o estágio de uma análise ambiental, julgamentos subjetivos são necessariamente feitos. Há uma necessidade baseada em valores, instituições, crenças etc. que são funções da própria pessoa, de instituições, da profissão e do contexto social do analista.

Assim, o “tomador de decisões” e as pessoas que orientam a tomada desta decisão podem estar influenciadas pelos valores do analista, portanto, este “valor de julgamento” e suas implicações devem estar explícitas (National Science Board, 1971).

O valor de julgamento irá variar com o tempo e o contexto, havendo, inclusive, a questão política nas quais as articulações dos grupos de valores e princípios representam a sociedade. O analista está sujeito a várias pressões.

Embora não se possa apresentar um valor que seja de utilidade operacional, pode-se seguir alguns tipos gerais de prioridades.

A análise do impacto ambiental, no seu passo final de interrelacionamento, requer alguns dados sobre como a sociedade está estruturada na sua visão econômica, de saúde, ambiente biológico, social e político; seus custos e benefícios; o mais fácil e o mais direto parece ser o econômico, pois, em princípio, é quantitativo, mesmo que envolvendo incertezas na análise. A saúde humana é relativamente direta, no que diz respeito a saúde do corpo em termos de morbidade/mortalidade, mas torna-se extremamente difícil gerar critérios quantitativos para saúde mental e muito mais para saúde da alma.

Na teoria poderá ser possível criar um critério operacional para avaliar os “custos e benefícios ambientais” de uma ação, se nos referirmos somente ao ambiente natural, pois geralmente as leis da natureza são ordenadas e podem ser determinadas, embora tenhamos

problemas ainda não quantificados, como os efeitos das mudanças na diversidade, estabilidade e cadeia trófica. Esses problemas aparecem em quase todas as fases da análise dos impactos.

Custos e benefícios políticos variam grandemente com os indivíduos ou grupos envolvidos.

Portanto, numa rápida olhada pelas ciências naturais e sociais, que dão o suporte da análise, nota-se que não há um guia real, a despeito de alguns estudos, existem boas idéias, havendo, pois poucas orientações operacionais sobre como estabelecer critérios gerais.

Assim, se temos controvérsias sobre os riscos da análise na sociedade, certamente iremos gerar muita discussão. O analista não necessita ser absolutamente correto na escolha do seu critério, mas precisará explicá-lo, para que aqueles que discordem dele tenham a condição de discutirem suas conclusões com relação ao assunto.

No contexto dos conceitos ambientais, uma grande prioridade parece ser as medidas econômicas, tais como: crescimento do produto nacional bruto (PNB), indústria, empregos e os modos de vida. Podemos, também, assumir que a saúde humana emergiu como uma outra categoria de importância (saúde ocupacional, por exemplo).

Com respeito à saúde mental e da alma, a sociedade parece não dar atenção devida a estes problemas e, certamente, custos importantes aparecerão com o tempo.

A maior prioridade nesta área parece ser o grupo de efeitos sobre os componentes do ambiente que afetarão diretamente a saúde humana (doença ou fome por exemplo). Como segunda opção, podemos dar prioridade àqueles efeitos que causam alguma perda econômica (perda de árvores, troncos, lucro de terras produtivas etc.). E, como terceira prioridade, a proteção do ambiente para “nossa própria causa” ou para a “posteridade”.

Como sempre, acredita-se que as relações de entendimento do relacionamento entre o ambiente e como é considerado como saúde humana podem mudar, e as pessoas nos seus próprios interesses podem lutar pela prevenção ou mitigação dos efeitos ambientais, que podem indiretamente causar danos a eles ou sob sua qualidade de vida. Através de maior conhecimento e proporcionando educação pública de qualidade, podemos diminuir o espaço entre a segunda e a terceira prioridade, então o ambiente não será visto primariamente como um recurso econômico, mas contendo um valor intrínseco e como uma colaboração para a saúde mental, da alma e da sociedade.

Finalmente através disso, a sociedade pode tornar-se capaz de relacionar o ambiente e o econômico, baseada em critérios qualitativos, tanto quanto, ou mesmo maior que, sobre os valores monetários.

“Custos e Benefícios Políticos” geralmente têm um enorme peso nas avaliações e necessitam ser feitas pelos “tomadores de decisão”, pois a arena política é onde todos os diversos valores devem finalmente ser postos em ordem de prioridade (Quade, 1970).

Todos os critérios delineados aqui, para determinar custos e benefícios, necessitam ser usados na decisão da implementação de uma atividade, se um efeito é aceitável, que modificações, que alternativas ou controles são justificados. Para um processo de gerenciamento “racional” é necessário ser explícito, tanto quanto possível, sobre como a sociedade “sente” estes critérios, com base em informações científicas, assim como é importante, também, que a sociedade e os tomadores de decisão, além da equipe, entendam a natureza destas análises e o julgamento que deve ser feito no processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGLEY, M.D. Aesthetic assessment methodology for environmental impacts. Analysis. *Technical Note*, Tn-OED-004, *Stanford Research Institute*, 85 p., 1972.
- BUMGOLD, M.S. & ENK, G.A. Toward a systematic approach to environmental impact review. New York: *The Institute of Man and Science*, 1972, 59 p.
- BISHOP, A.B. An approach to evolving environmental, social and economic factors in water resources planning. *Water Res. Bull.*, 724-735, 1972.
- CONAMA, resolução n° 001 de 23 de janeiro de 1986, Diário Oficial, Brasília, 27 fev. 1986, sec. 1, p. 2548.
- DAETZ, D. & SCHLESINGER, B. A conceptual framework for applying environmental assesment matrix techniques. *J. Environm. Sci.*, 11-16, 1973.
- DITTON, R.B. & GOODALE, T.I. *Environmental Impact Analysis: Philosophy and Methods*. Sea Grant Publication WIS-56-72-111, University of Wisconsin, Green Bay: 171 p., 1972.
- NATIONAL SCIENCE BOARD - *Environmental Science - Challenge for the seventies: Third Annual Report*. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 75 p., 1971.
- NEUFVILLE, R.D. & STAFFORD, J. *Systems analysis for engineers and managers*. New York: Mc Graw-Hill, 353 p., 1971.
- OUSDE, R.S. On the Limitation of quantitative analysis. *Rand Corporation Report* (4530):1-77 Santa Monica, 1970. 77 p.
- STOVER, L.V. *Environmental Impact Assesment: A Procedure*. STV, Pottstown, Pennsylvania. 25 p., 1972.

SILVA, H.W. Procedimentos Avaliativos sobre Impactos Ambientais. Relatório apresentado à Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho - Campus de Rio Claro”, para obtenção da conclusão do estágio de aperfeiçoamento, 80 p., 1991.

ANÁLISE ESPECTRAL DA TEMPERATURA MÍNIMA DE MARINGÁ

Jonas T. Nery^{*} e Welligton M. Siqueiras⁺

RESUMO. A cidade de Maringá está situada ao norte do Estado do Paraná, sendo uma região de economia agrícola, centrada na produção de soja, trigo e café. Essas produções são, algumas vezes, afetadas por geadas que ocasionam grandes prejuízos econômicos ao estado. O diagnóstico das temperaturas desta região é de vital importância como informação para a agricultura e para os previsores que venham a modelar tal variável. A série estudada foi a temperatura mínima de Maringá, no período de 1980 a 1992. A metodologia utilizada foi: análise de Fourier, função de autocorrelação e análise espectral, objetivando estabelecer os processos determinísticos nesta série.

Palavras-chave: temperatura, variabilidade, Fourier, autocorrelação e espectro de potência.

SPECTRAL ANALYSIS OF MINIMUM TEMPERATURE AT MARINGÁ

ABSTRACT. The agricultural area around the city of Maringá, in the northern region of the state of Paraná, is an important producer of soybean, wheat and coffee whose crops are, from, time to time, severely affected by frost. Temperature data, collected at Maringá climatological station, comprising 1980 - 1992 period, were used to analyse the minimum temperature variability through autocorrelation function, power spectrum and Fourier transform.

Key words: temperature, variability, Fourier, autocorrelation and power spectrum.

INTRODUÇÃO

Um aspecto fundamental da Climatologia Aplicada é a determinação das características das temperaturas em diferentes escalas (desde umas

^{*} Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

⁺ Departamento de Informática, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

Correspondência para Jonas T. Nery.

Data de recebimento: 13/10/95.

Data de aceite: 06/03/96.

poucas horas até anos), com o objetivo de encontrar diagnósticos utilizáveis em diversas aplicações.

Muitos trabalhos foram realizados, por diferentes autores, utilizando variadas metodologias, tais como Bolognesi (1978) que analisou distribuições de frequência de temperaturas e umidade relativa médias mensais, em diferentes meses; Papetti *et al.* (1872) estudaram o comportamento da temperatura no aeroporto de Ezeiza (Buenos Aires - Argentina) e Dedebant *et al.* (1952) calcularam valores médios mensais com base em três observações mensais.

Com relação à variabilidade da temperatura, Minetti e Vargas (1983) estudaram as flutuações da temperatura média da América do Sul e hemisfério Sul; Katz (1988) descreveu um procedimento estatístico para inferir sobre mudanças na variabilidade climática.

É muito importante identificar ondas predominantes nas séries meteorológicas, cujo comportamento é conhecido, sendo, portanto, importante filtrá-las, no caso particular da temperatura, as ondas anual e diária, por exemplo. Essenwanger (1977, 1979, 1980) estudou o comportamento da temperatura, tomada no intervalo de seis horas, propondo separar as séries em ciclos, quase ciclos e ruídos, mediante técnicas espectrais e análise de Fourier.

Giles e Flocas (1984a, 1984b) estudaram tendências e ondas predominantes em ondas anuais e sazonais. Guttman (1989) mostrou como examinar uma base de dados com autocorrelações. Outros autores também utilizaram as técnicas de espectro e autocorrelações na temperatura: Jones (1964), Roden (1966), Polowchac e Panofsky (1968), Joseph (1973), Trenberth (1984) etc.

O estudo de extremos tem, em primeira instância, uma importância que poderíamos chamar de estritamente meteorológica, já que é uma propriedade das séries que deve ser estudada para uma melhor avaliação do comportamento geral da atmosfera. Scian (1970) realizou uma análise sinótica da ocorrência de extremos de temperatura (valores muito frios que ocorreram na Argentina em junho de 1967); Minetti e Vargas (1983) estudaram o efeito do esfriamento na década de 50 em relação às décadas adjacentes na República Argentina.

Palumbo e Mazzarella (1984) analisaram os valores extremos diários das temperaturas máximas e mínimas. Sneyers (1983) deduziu a distribuição das temperaturas extremas das distribuições de valores grandes da temperatura. Já Katz e Brown (1989) utilizaram a teoria de valores extremos para obter expressões analíticas da relação entre

probabilidade e algumas mudanças nos parâmetros das séries, tais como, média e desvio padrão.

Outra aplicação fundamental de extremos, desta variável, está diretamente ligada ao conforto térmico. Brazol (1951) analisa quinze definições de temperaturas ótimas e deduz que os limites do bem-estar relacionam-se com os valores de temperatura de bulbo úmido de 13.8°C; Hoffmann e Medina (1971) realizaram um estudo de classificação bioclimática em meses extremos, considerando a temperatura em suas quatro observações básicas e temperaturas extremas.

A persistência de eventos meteorológicos é um tópico fundamental para entender o comportamento de distintas variáveis; Vargas e Alessandro (1982) analisaram a persistência de temperaturas no norte da Argentina; Sidlow (1989) realizou o estudo sobre as temperaturas mínimas; Newman (1989) estudou as persistências de eventos quentes-frios e úmidos-secos; Sansigolo (1990) realizou estudos similares no Brasil.

O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo da temperatura mínima e do ar, na região de Maringá. Tal estudo compreendeu o período de 1980 a 1992, utilizando dados diários da Estação Meteorológica da Universidade Estadual de Maringá. Diversos parâmetros estatísticos foram utilizados, tais como, média, desvio padrão, coeficiente de variação, análise harmônica e espectral, buscando entender a variabilidade dessas temperaturas ao longo dos anos, no período estudado.

MATERIAL E MÉTODOS

Como é sabido, as variáveis meteorológicas podem ser consideradas como elementos de processos estocásticos (séries temporais), ou seja, uma série de valores ordenados no tempo.

Analisando estas séries, observa-se que as mesmas surgem da superposição de distintos componentes, ou seja, são um somatório de vários efeitos, alguns dos quais determinísticos. Entre estes últimos, encontram-se os astronômicos (a variação estacional e diária).

Como a análise dos efeitos determinísticos é bem conhecida, resultado indispensável a separação dos mesmos, para poder diferenciar claramente as características intrínsecas, em princípio não determinísticas, da série que se estudará.

Com tal finalidade, este trabalho tratará de obter, num caso real, a onda diária, para conhecer suas flutuações estacionais e verificar se existe uma forma objetiva de filtrá-la.

Os coeficientes de auto-correlação serão calculados para observar o processo estatístico que “governa” as séries e o efeito da onda diária nas mesmas. Na referida série de temperatura, será estudada a sensibilidade da análise de Fourier.

O objetivo é isolar os efeitos não astronômicos que são considerados sinóticos. Do ponto de vista metodológico, deseja-se inferir se os efeitos astronômicos são aditivos ou multiplicativos em relação ao sinótico.

1.1 Formulação do Problema

1.1.1 Estatística Descritiva

Através de alguns parâmetros estatísticos, estudou-se a variabilidade das séries de temperaturas (do ar e mínima). O objetivo foi determinar, através da média, desvio padrão e coeficiente de variação, a variabilidade destas séries no período total, de inverno (6 meses: abril a setembro) e de verão (outubro a março).

As seguintes expressões foram utilizadas para este estudo:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N X_i$$

onde: $\bar{X}$ é o valor médio para cada série analisada; N é o número de elementos contidos na base de dados; X_i é o i -ésimo termo da base de dados.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

onde: δ : é o desvio padrão.

$$CV = \frac{\delta}{\bar{X}}$$

onde: CV é o coeficiente de variação.

1.1.2 Análise de Fourier

Segundo Panofsky e Drier (1965), uma variável $X(t)$ em um instante t , pode ser escrita da seguinte forma:

$$X(t) = \bar{X} + \sum_{i=1}^{N/2} \left[A_i \sin\left(\frac{2\pi \cdot i \cdot t}{P}\right) + B_i \cos\left(\frac{2\pi \cdot i \cdot t}{P}\right) \right] \quad (1)$$

sendo:

$\bar{X}$: valor médio da série; P : período fundamental; N : número total de dados;

$C_i^2: (A_i^2 + B_i^2) / 2$: amplitude do harmônico i .

Os coeficientes A_i e B_i foram obtidos através das expressões:

$$A_i = \frac{2}{N} \cdot \sum_{t=1}^N \left(X(t) \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot it}{P}\right) \right) \quad (2)$$

$$B_i = \frac{2}{N} \cdot \sum_{t=1}^N \left(X(t) \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot it}{P}\right) \right) \quad (3)$$

onde i pode variar de 1 a $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$. Os coeficientes para o último harmônico serão: **A** sempre zero (função par); **B** será a expressão (3) dividida por dois (função ímpar).

A razão entre C_i^2 e a variância total de X é a contribuição da variância total do harmônico i , dado por:

$$V_i^2 = \frac{C_i^2}{S_i^2}$$

1.1.3 Coeficiente de Autocorrelação

Uma observação meteorológica comumente não é independente das condições precedentes. A dependência cresce à medida que o intervalo de tempo entre eventos sucessivos aumenta. Essa tendência dos valores sucessivos das séries a “recordar” seus valores precedentes e a ser influenciados por estes denomina-se persistência.

Uma das formas de obter a evidência destas persistências numa variável é conseguir a estimação inicial do processo mediante a autocorrelação, definida como segue:

$$r(lag) = \frac{\sum_{i=1}^{N-lag} ((X(i) - \bar{X})(X(i+lag) - \bar{X}))}{(N-lag)}$$

sendo:

$\bar{X}$: o valor médio da série; N : número total da série; l “lags” deslocamento temporal; S_x^2 variância.

Através dessa metodologia, examinam-se os coeficientes de autocorrelação para os primeiros “lags” da série e determina-se se estes decrescem exponencialmente, na forma consistente com a hipótese de um modelo Markoviano ou de ruído vermelho: processo autorregressivo de primeira ordem.

No caso de existir uma persistência desse tipo, o coeficiente de autocorrelação $r(n)$, para um “lag” arbitrário n , aproximar-se-á do coeficiente $r(1)$ elevado à n -ésima potência, isto é, $r(2) \cong r(1)^2 \cong r(1)^3 \cong r(1)^n$. Se estas relações são satisfeitas, aproximadamente, e $r(1)$ difere de zero significativamente, então, pode-se assumir uma persistência Markoviana na série e a forma do autocorrelograma para esses processos autorregressivos será exponencial.

Para provar a significância estatística de $r(1)$, em relação à hipótese nula de aleatoriedade, deve-se examinar primeiro a distribuição de freqüências dos valores da série estudada. Se a distribuição de freqüências da mesma aproxima-se de uma gaussiana, então calcula-se o valor do coeficiente de autocorrelação teórico para um dado nível de significância, através da equação:

$$r(1)_t = -1 \pm tg \sqrt{(N-2)/(N-1)}$$

sendo: N número total dos dados da série; tg valor da desviação padrão na distribuição de Gauss, correspondente ao nível de significância de r . Se o valor mostral de $r(1)$ é maior que $r(1)_t$ conclui-se que a série não é aleatória a esse nível de significância.

1.1.4 Análise Espectral

O método anterior permite, mediante a função de autocorrelação, estudar as características dos processos que geram a série, mas não a

significância estatística para defasagem temporal mais extensa. Dessa forma, trata-se de aumentar a possibilidade de análise por meio de uma variante metodológica: espectro de variância ou espectro de potência. Este método supõe que a série consiste num número infinito de oscilações sobre um domínio contínuo de longitudes de onda. Assim, o espectro mede a distribuição da variância sobre todas as longitudes de onda possíveis, desde a infinita (tendência linear) à mais curta que se pode resolver (duas vezes o intervalo entre observações sucessivas (Panosfsky, 1965)).

As técnicas espectrais demonstraram ser muito úteis na análise de séries climáticas, especialmente naqueles casos em que se pretende elementos objetivos para a descrição climatológica.

Neste trabalho, aplicou-se o método delineado por Blackman e Tukey à série cronológica em questão. Tal técnica pode ser descrita como uma aplicação da análise harmônica aos coeficientes de autocorrelação seriado ou a covariância seriada:

$$C(l) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (X(i) - \bar{X})(X(i+1) - \bar{X})$$

para “lags” de 0 a m, onde $N > m$. Dessa transformação, obtêm-se m+1 estimações de potência:

$$\begin{aligned} \bar{s} &= \frac{1}{2m} (C(0) + C(m)) + \sum_{i=1}^{m-1} C(i) \left(\frac{1}{m}\right) \\ \bar{s}(k) &= \frac{C(0)}{m} + \frac{2}{m} \sum_{i=1}^{m-1} C(i) \cos(\pi k \frac{i}{m}) + \frac{1}{m} (C(m)(-1)) \\ \bar{s}(m) &= \frac{1}{2m} (C(0) + (-1)^m C(m)) + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m-1} C(i) (-1)^i \end{aligned}$$

Essas equações são suavizadas através da média móvel pesada (método de Hamming), resultando em:

$$\begin{aligned} s(0) &= \frac{1}{2} (\bar{s}(0) + \bar{s}(1)) \\ s(k) &= \frac{1}{4} (\bar{s}(k-1) + 2\bar{s}(k) + \bar{s}(k+1)) \\ s(m) &= \left(\frac{1}{2}\right) (\bar{s}(m-1) + \bar{s}(m)) \end{aligned}$$

Logo deve-se ajustar uma curva suave às $m+1$ estimações sem violar os limites de confiança apropriados para as estimações individuais. Por último, aplica-se ao espectro de potência um teste de significância estatística.

Se já se sabe que existe persistência na série, a hipótese nula apropriada é um processo Markoviano, cuja forma depende do valor do coeficiente de autocorrelação da população, para o primeiro “lag”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Estatística da temperatura mínima diária de Maringá.

Ano	Valor Médio	Desvio Padrão	Cv
1980	17,30	3,50	0,22
1981	17,30	4,30	0,25
1982	17,20	3,20	0,19
1983	17,00	3,80	0,22
1984	17,50	3,90	0,22
1985	17,50	3,90	0,22
1986	17,90	3,50	0,20
1987	17,30	4,20	0,24
1988	17,60	4,30	0,25
1989	16,80	4,00	0,24
1990	17,30	4,70	0,27
1991	17,50	3,40	0,19
1992	17,30	3,60	0,21

Através da média e do desvio padrão, pode-se chegar ao coeficiente de variação (*CV*) da temperatura mínima para cada ano, no período escolhido. A variabilidade para cada ano, para cada temperatura, embora ocorrendo, não foi significativa. Ver Tabela 1.

O desvio padrão, que é uma medida de dispersão, resultou, para a temperatura mínima (média de cada mês), em uma maior amplitude no inverno. Essa medida mostra que, embora no inverno a temperatura mínima seja menor, a mesma tem uma maior variabilidade, na região de estudo.

O estudo, através da análise harmônica, foi realizado para o período total e para cada ano em particular. Nota-se que em todos estes casos existe um sinal muito forte que é determinante de processos astronômicos (onda anual). Deve-se ressaltar que a amplitude do ano de 1989 e 1992 é significativamente maior que dos outros anos, para a temperatura mínima, do período estudado. (Figura 1)

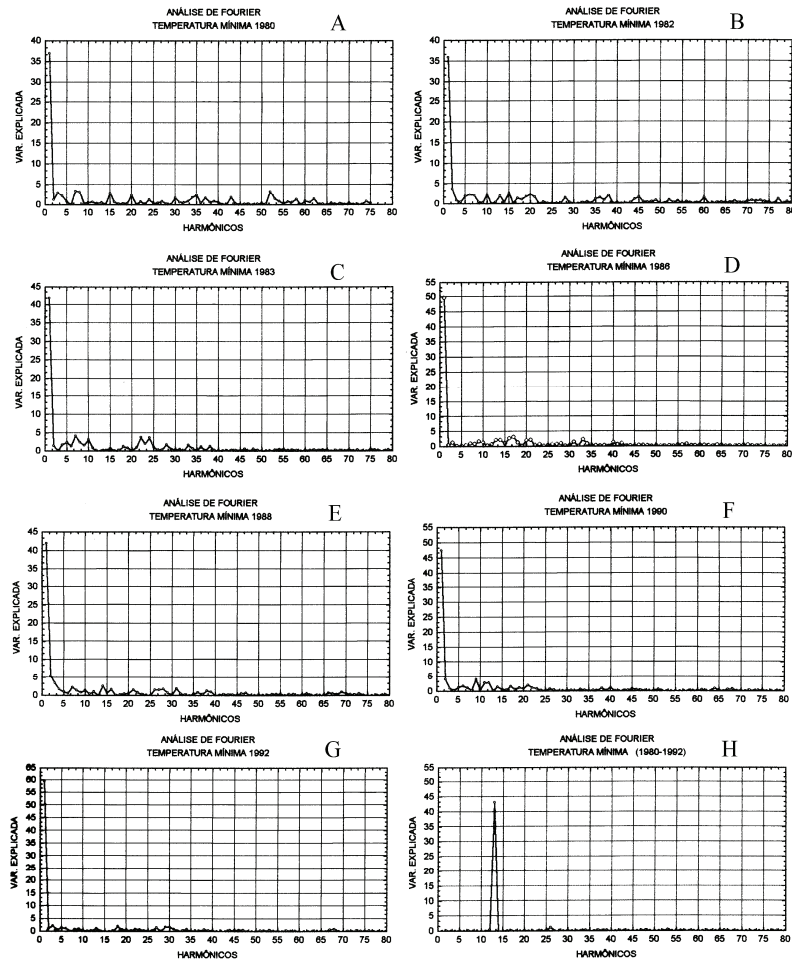


Figura 1. Análise harmônica das séries de temperatura mínima para alguns anos e para série total.

A variância explicada confirma os resultados obtidos através das amplitudes para cada ano e para a série total. O ano de 1980 tem uma variância explicada de 37.0%; 1981 (34.3%), 1982 (35.9%), 1983 (41.7%), 1984 (39.7%), 1985 (48.6%), 1986 (49.6%), 1987 (38.0%), 1988 (42.0%), 1989 (54.2%), 1990 (47.5%), 1991 (45.0%), 1992 (59.2%) e série total (1980 - 1992) (43.2%).

Utilizaram-se vários tipos de filtros, tais como $(X - X_{\text{médio}})$, $(X/X_{\text{médio}})$, $((X - X_{\text{médio}})/\delta)$, $((X - X_{\text{médio}})/X_{\text{médio}})$ etc. O objetivo desses

filtros foi encontrar um que filtrasse a onda anual, para que sobressaíssem outros sinais, tais como, a onda sazonal.

O estudo realizado com funções de autocorrelação apresentou cada série analisada com persistência (processo Markoviano). Os estudos realizados para cada ano, separadamente e para o total, mostraram correlações muito fortes dentro de cinco dias, pelo menos. A Figura 2 apresenta os gráficos para alguns anos e para o período total, dados diários e para média mensal de alguns anos particulares.

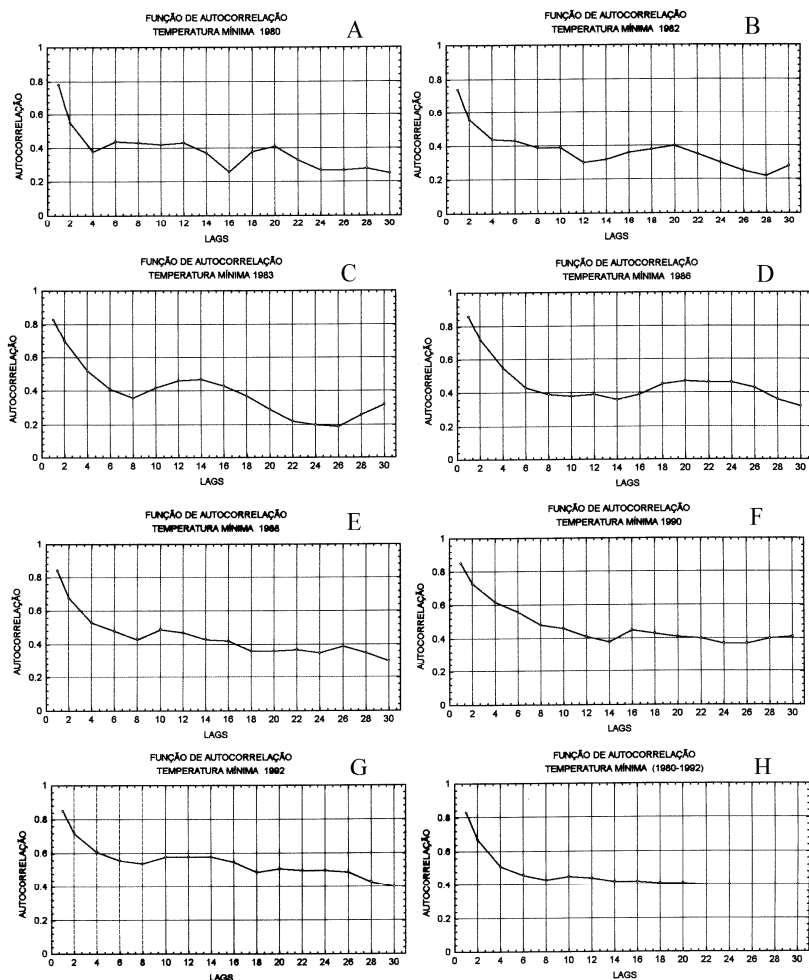


Figura 2. Correlogramas das séries das temperaturas mínimas para alguns anos e para série total.

Das séries analisadas, através da função de autocorrelação, nem todas ajustam-se a um modelo Markoviano de primeira ordem. Ao examinarem-se os coeficientes de autocorrelação, em cada série estudada, para os primeiros “lags” das mesmas, observou-se que, em alguns anos, esses coeficientes decrescem, exponencialmente, de forma consistente com a hipótese de um modelo Markoviano ou de ruído vermelho (processo autorregressivo de primeira ordem, observar Figuras 2 A, B, C, D, E, F, G e H). Tais gráficos apresentam alguns anos especialmente selecionados: 1980 Figura (2 A); 1982 e 1983, Figuras (2 B, C); anos de El Niño muito forte sobre o Estado; 1986, Figura (2D); 1988, Figura (2 E); 1990, Figura (2 F); 1992, Figura (2 G) e função de autocorrelação de todos os anos do período estudado (1980-1992), Figura (2H).

Também estudou-se a persistência desse tipo de coeficiente de autocorrelação. Como esse estudo é feito utilizando as relações

$r(2) \cong r(1)^2 \cong r(1)^3$, pode-se concluir que as relações satisfazem aproximadamente $r(1)$ diferente de zero significativamente. Então, assume-se uma persistência Markoviana em cada série estudada e, por este motivo, os autocorrelogramas para esses processos autoregressivos são exponenciais.

Com o teste de $r(1)$, estatisticamente diferente de zero, obtiveram-se os valores teóricos de $r(1)_t$ para diferentes longitudes das séries e com um nível de confiança de 95%. De acordo com a tabela abaixo, observa-se que o valor de $r(1)$ é maior que de $r(1)_t$. Isto nos possibilita inferir que as séries apresentadas na tabela não são aleatórias, no nível de significância de 95%.

Tabela 2. Teste de significância estatística de $r(1)$. Quando $r(1)$ é maior que $r(1)_t$, conclui-se que a série não é aleatória a nesse nível de significância.

Anos Estudados	Total de Dias	R(1)	$R(1)_t$	R(2)	R(4)
1980	357	0,78	0,74	0,55	0,38
1982	366	0,74	0,76	0,56	0,44
1983	365	0,83	0,66	0,70	0,52
1986	365	0,86	0,73	0,72	0,55
1988	366	0,84	0,74	0,68	0,53
1990	365	0,85	0,74	0,73	0,62
1992	360	0,85	0,79	0,72	0,61
1980-1992	4728	0,83	0,78	0,67	0,51

O estudo de análise espectral apresentou resultados coerentes com os estudos anteriores: Para o nível de significância de 95%, todos os anos

analisados apresentaram a densidade espectral entre os “lags” 0 a 5 com valores acima desse nível. Isso caracteriza uma onda anual bem marcada, mesmo para a série total. Algumas outras séries apresentaram picos em outros “lags”, como o ano de 1980 (entre os “lags” 20 - 25, e 30 - 35) e 1983 (“lags” 10 - 20). O que caracteriza a existência de outras ondas nessas séries. Os periodogramas (Figuras 3A, B, C, D, E, F, G, H) apresentam os mesmos resultados.

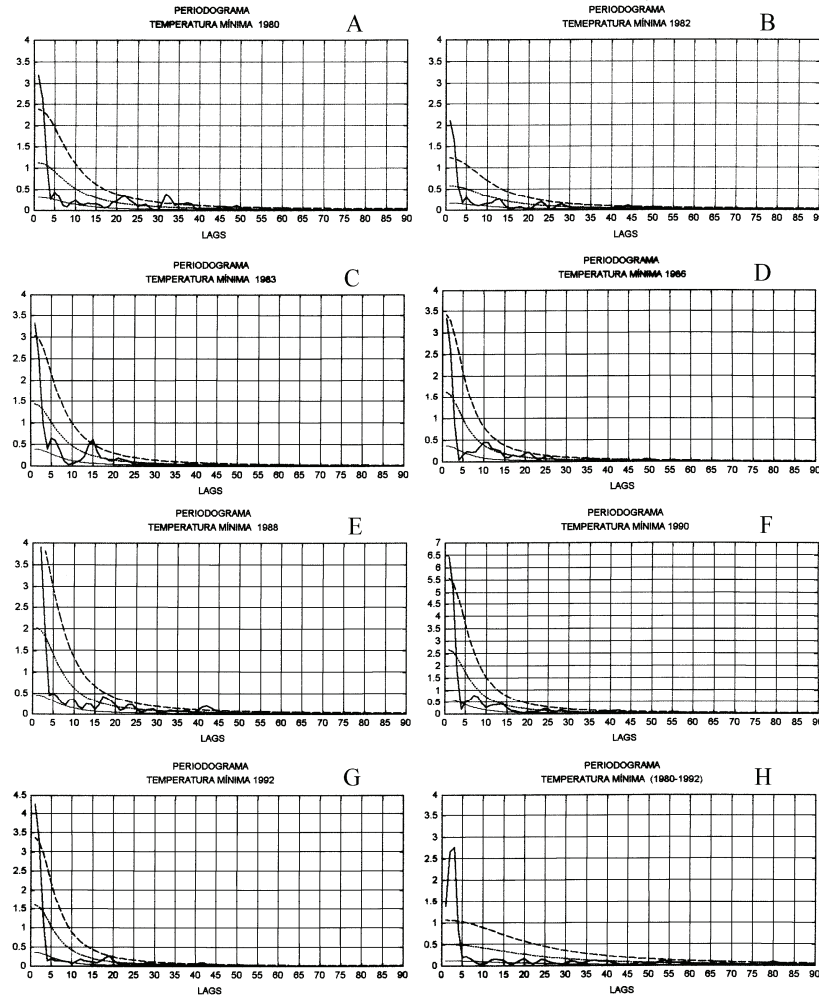


Figura 3. Periodograma das séries das temperaturas mínimas para alguns anos e para série total.

CONCLUSÕES

A temperatura mínima de Maringá mostrou uma persistência significativa. Na escala sinótica, esta persistência chega, muitas vezes, a ultrapassar períodos de cinco dias, conforme a intensidade dos sistemas, principalmente no inverno.

Os modelos autorregressivos dão uma boa resposta, no que concerne a tal temperatura do processo Markoviano das séries.

Através da análise espectral, foi possível detectar outros sinais importantes da variabilidade dessas séries, sendo a onda semi-anual a mais importante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLOGNESI, E. Analises de Critérios para Clasificar con Respecto a la Normal Datos de Temperatura Media Mensual Aplicado a Séries de la Republica Argentina. *Meteorologica*, 2:300-330, 1971.
- DEDEBANT & MACHADO. Cálculo del promedio mensual de temperatura em base a tridiurnas. *Meteoros*, 2:110-130, 1952.
- ESSENWANGER, O. Red Noise Analysis in Autocorrelogram and Power Spectrum of Atmospheric Temperature. CONFERENCE ON PROBABILITY AND STATISTICS, 5, 1977, Las Vegas. *Anais...* Las Vegas, 1977. p. 265-290.
- ESSENWANGER, O. Red Noise in the power spectrum of atmospheric temperature data, CONFERENCE ON THE DESIGN OF EXPERIMENTS IN ARMY RESEARCH DEVELOPMENT AND TESTING, 24, 1979, Texas. *Proceedings...* Texas, 1979. p. 15-25.
- ESSENWANGER, O. On Red Noise and Quasi-Periodicity in the Time Series Atmospheric Temperature, Statistical Climatology. *Developments Atmospheric Science*, 13. New York: Elsevier, 1980. p. 165-180.
- FLOCAS, A. & GILES, B. Air Temperature Variations in Greece, Part II. Spectral Analysis, *J. Climatology*, 4:541-546, 1984.
- FORTE LAY, J. & FALASCA, S. Aspectos Agrohidrológicos y Bioclimáticos de la Region Sub-húmeda Húmeda y Húmeda Oriental de la Argentina, CONGRESO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 6, 1991. *Anais...* Buenos Aires, 1991.
- GRIMM M. A., RANGEL A. M. & DÁLMEIDA C. Estudo de tendências na série de temperaturas de Curitiba através de teste múltiplo. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E II CONGRESSO LATINO AMERICANO, 2, 1994, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, 1994. p. 130-134.
- GUTTMAN, N. Data problems and statistical analysis, CONFERENCE ON PROBABILITY AND STATISTICS IN ATMOSPHERIC SCIENCES, 11, 1989, s.l. *Anais...* s.l., 1989. p. 129-139.

- HOFFMAN, J. Frentes, masas de aire y precipitaciones en el norte Argentino, *Meteorologica*, 2(1/3):20-32, 1971.
- HOFFMAN, J. & MEDINA, L. Ensayo de una clasificacion bioclimatica en la Republica Argentina, *Meteorologica*, 2(1/3):98-112, 1971.
- HOFFMAN, J. *Atlas Climatico de Sud America*, Berna: O.M.M., 1975.
- KATZ, R. Statistical procedures for making inferences about climate variability, *J. Climate*, 1:1057-1064, 1988.
- KATZ, R. Use of cross correlations in the search for teleconnections, *J. Climatology*, 8: 241-253, 1988.
- KATZ, R. Climatic change for extreme events: An applications of the teory of extreme values, CONFERENCE ON PROBABILITY AND STATISTICS IN ATMOSPHERIC SCIENCES, 11, 1989, London. *Anais...* London, 1989.
- MINETTI, J. & VARGAS, W. El Enfriamiento de la decada del 50 en la Republica Argentina, *Meteorologica*, 14(1/2), 1983.
- MINETTI, J. & VARGAS, W., Fluctuaciones de la temperatura media en Sudamerica y Hemisferio Sur en el periodo 1941-1960, *Meteorologica*, 14(1/2), 1983.
- NERY J.T. & BRYNSZTEIN S. Variabilidade da temperatura mínima de Maringá: máxima entropia. *Rev. Unimar*, 16(3):539-553, 1994.
- NEWMAN, S. Developement of a persistence climatology for interior and costal southern New England, CONFERENCE OF PROBABILITY AND STATISTICS IN ATMOSPHERIC SCIENCE, 11, 1989, California. *Anais...* California, 1989. p. 12-20.
- PALUMBO A. & MAZZARELLA A. Local Recente Changes in Extreme Air Temperature. *Climatic Change*, 6:303-309, 1984.
- PANOFSKY, H. & DRIER, G. Some applications of statistics to meteorology. College Park: Pennsylvania State University, 1965.
- PAPETTI, & ALMEJUN. Contribucion al Conocimiento del Regimen Termico de Ezeiza, *Meteorologica*, 3, 1972.
- POLLOWCHAK, V. & PANOFSKY, H. The Spectrum of daily temperatures as a climatic indicator. *Mon. Wea. rev.*, 96:9, 1968.
- SANSIGOLO, C.A. Tendência da temperatura no Brasil. *Climanálise*, 5(9), 1990.
- SCIEN, B. Situacion sinoptica asociada a las temperaturas extremas observadas en junio 67, *Meteorologica*, 1(1):24-36, 1970.
- SNEYERS, R. Sur l'emploi de distributions noemales tronquees en climatologie, *Revue de Statistique Applique*, 12(2):56-72, 1964.
- SNEYERS, R. De L'utilisation des series breves dans la description du climat d'une región. Une Application: les Conditions de L'enneigment du Sol en Belgique. Berne: Assemblée Generale de Berne, 1967. p. 274-280.
- TRENBERTH, K. Some effects on finite sample size and persistence on meteorological statistics. Part I: auto correlations. *Mon. Wea. Rev.*, 112:2359-2368, 1984a.
- TRENBERTH, K. Some effects on finite sample size and persistence on meteorological statistics. Part II: potential predictability, *Mon. Wea. Rev.*, 112:2369-2379, 1984b.

VARGAS, W. & ALESSANDRO, A., La Persistencia de las series pluviometricas y de temperatura mensuales en el Nordeste Argentino, *Meteorologica*, 13(2):250-268. 1982.

RECONHECIMENTO DE PADRÕES VIA PROGRAMAÇÃO LINEAR

Ivan Ludgero Ivanqui* e Plínio Stange⁺

RESUMO. O objetivo deste artigo é apresentar um algoritmo para Reconhecimento de Padrões via Programação Linear.

Palavras-chave: programação linear, método simplex, reconhecimento de padrões.

PATTERNS RECOGNITION VIA LINEAR PROGRAMMING

ABSTRACT. The objective of this article is to present an algorithm for Patterns Recognition via Linear Programming.

key words: linear programming, simplex method, patterns recognition.

INTRODUÇÃO

Sejam dois conjuntos disjuntos e compactos

$X = \{x_1, \dots, x_r\} \subset \mathfrak{R}^n$ com $x_i \in \mathfrak{R}^n$, $i = 1, \dots, r$
e $Y = \{y_1, \dots, y_s\} \subset \mathfrak{R}^n$ com $y_i \in \mathfrak{R}^n$, $i = 1, \dots, s$.

Deseja-se separar X de Y por meio de uma função $f: \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$, de tal modo que, dado um ponto qualquer $z \in \mathfrak{R}^n$, seja possível verificar se $z \in X$ ou $z \in Y$, i.é

$f(z) > 0 \Rightarrow z \in X$,

$f(z) < 0 \Rightarrow z \in Y$,

$f(z) = 0 \Rightarrow$ nada se pode afirmar.

Para a função f escolhe-se um polinômio de grau q , onde $a_k \in \mathfrak{R}$, $k = 0, \dots, t$

$$p(z) = a_0 + a_1 z_1 + a_2 z_2 + \dots + a_n z_n + a_{n+1} (z_1)^2 + a_{n+2} (z_2)^2 + \dots + a_t (z_n)^q$$

* Departamento de Estatística, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

⁺ Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 476, 88040-900, Florianópolis-Santa Catarina, Brasil.

Correspondência para Ivan Ludgero Ivanqui.

Data de recebimento: 24/10/95.

Data de aceite: 27/12/95.

Os coeficientes deste polinômio podem ser obtidos via programação linear, da seguinte forma:

- 1 - Calcular a distância ao quadrado entre cada ponto de X com todos os pontos de Y, isto é:

$$d_{k,j}((x)_k, (y)_j) = \sum_{i=1}^n [(x_i)_k - (y_i)_j]^2 \text{ (soma dos quadrados das } n \text{ diferenças)}$$

para $k = 1, \dots, r$ e $j = 1, \dots, s$

onde $(x_i)_k$ representa a i -ésima coordenada do k -ésimo ponto do conjunto X e $(y_i)_j$ é a i -ésima coordenada do j -ésimo ponto do conjunto Y.

- 2 - Tomar a raiz quadrada positiva da menor de todas estas distâncias, que será a distância **d** entre X e Y, isto é:

$$d = \min \{ d_{k,j} \text{ para } k = 1, \dots, r \text{ e } j = 1, \dots, s \}$$

$$\mathbf{d} = +\sqrt{d};$$

- 3 - Construir e resolver o PP

$$\min [\sum p(x)_k - \sum p(y)_j \text{ para } k = 1, \dots, r \text{ e } j = 1, \dots, s]$$

$$\text{s.a. } p(x)_k \geq \mathbf{d}/3, k = 1, \dots, r$$

$$p(y)_j \leq -\mathbf{d}/3, j = 1, \dots, s;$$

- 4 - Repetir o procedimento usando $\mathbf{d}/2$ nas restrições.

Note que:

- o número de restrições é $m = r + s$, e este número pode ser grande, pois ele é função do número de pontos de $x(r)$ e do número de pontos de $y(s)$;
- o número de variáveis (N) é função do grau do polinômio(q) e do número de coeficientes(t), isto é:

$$N = 1 + t;$$

onde

$$t = \sum_{k=1}^q \left(\prod_{j=0}^{k-1} \left(\frac{n+j}{j+1} \right) \right),$$

e n é a dimensão do espaço $\mathfrak{R}^n$ em que estão contidos os conjuntos X e Y.

Entretanto, para se colocar o PPL acima na forma padrão é necessário fazer a substituição de a_ℓ por $a'_\ell - a''_\ell$ para $\ell = 0, \dots, t$. Esta substituição faz-se necessária devido ao fato de os coeficientes do polinômio serem

irrestritos, isto é podem assumir valores positivos, negativos ou nulos. Assim na verdade, o número de variáveis é igual a $N = 2(1 + t)$, isto sem contar as variáveis de folga e as variáveis artificiais que são acrescentadas automaticamente pelo software que irá resolver o problema.

Em outras palavras, deve-se variar q do polinômio, pois para q muito pequeno, o PPL em questão pode não ter solução, isto é, não existe polinômio com tal grau que separe X de Y . Assim, o mesmo problema deverá ser resolvido várias vezes, sucessivamente, fazendo-se variar o grau do polinômio desde $q=1$ (hiperplano) até $q=Q$.

Em outras palavras, há que variar q de 1 até algum Q , quando o PPL tiver solução. Por sua vez, se para um grau razoavelmente grande o PPL continuar sem solução, pode-se concluir que as características consideradas para distinguir X de Y não são suficientemente representativas para tal. Neste caso, deve-se estudar o problema cujos padrões se procura conhecer.

Por outro lado, é fácil perceber que:

- como poucos pontos, tanto de X como de Y estarão próximos do polinômio p , muitas restrições serão não ativas ao final e poderiam ser eliminadas previamente do PPL.
- muitos coeficientes do polinômio p poderão ser nulos ao final, isto é, são variáveis que poderiam ser eliminadas previamente do PPL.
- como $a_\ell = a'_\ell - a''_\ell$ para $\ell = 0, \dots, t$,
se $a_\ell = 0 \Rightarrow a'_\ell = 0$ e $a''_\ell = 0$ para $\ell = 0, \dots, t$.
se $a_\ell \neq 0 \Rightarrow a'_\ell = 0$ ou $a''_\ell = 0$ para $\ell = 0, \dots, t$.

Portanto, vale a pena utilizar a regra 1 e a regra 2 apresentadas em Stange (1993) antes de iniciar qualquer iteração do método simplex.

APLICAÇÃO

Para testar este modelo, utilizamos um exemplo apresentado por Bennett e Mangasarian (1992) que tem 99 pontos do espaço $\mathbb{R}^2$, dos quais 53 estão no conjunto A e 46 no conjunto B , apresentando a seguinte configuração:

dados

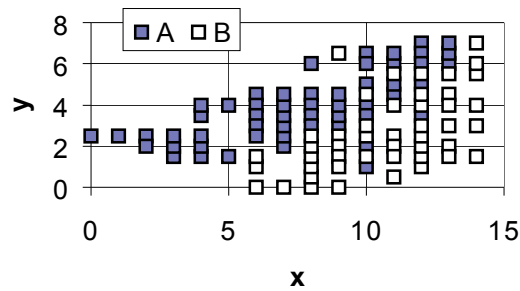


Figura 1. Dados do problema.

O modelo transforma o problema dado numa série de problemas de programação linear, para testar o polinômio do grau 1, 2, até Q, os quais foram resolvidos utilizando o algoritmo de Stange e Ivanqui (1994). Após os cálculos necessários, encontrou-se uma solução viável para um polinômio do sexto grau.

Para que se pudesse observar graficamente que os conjuntos foram separados, apresentaram-se num mesmo gráfico, além dos pontos dos conjuntos A e B, os interceptos do polinômio em cada abscissa. Para tal, foram determinadas as curvas de nível para cada abscissa, que são polinômios a uma variável, e suas respectivas raízes.

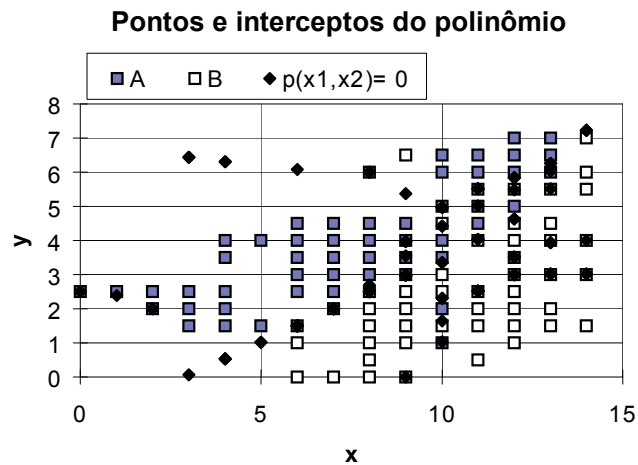
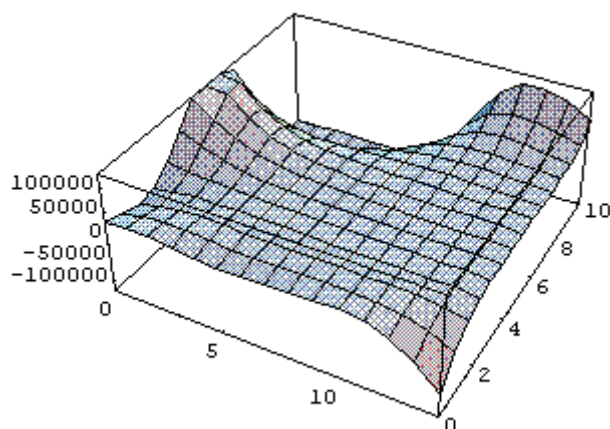


Figura 2. Pontos e interceptos do polinômio.

Apresentamos a seguir o polinômio encontrado e seu gráfico.

$$P(x,y) = [2862.401 + 10005.502x - 16093.2y - 6536.198x^2 - 6788.359y^2 + 14042.264xy + 1129.546x^3 + 6253.566y^3 - 868.482x^2y - 4950.816xy^2 - 69.315x^4 - 299.119y^4 + 1387.069x^2y^2 - 260.914x^3y - 1208.557xy^3 + 1.191x^5 - 65.026y^5 - 74.127x^3y^2 - 28.736x^2y^3 + 25.804x^4y + 178.182xy^4 - 0.005x^6 + 0.495y^6 - 0.350x^5y + 5.624xy^5 - 0.787x^4y^2 - 14.208x^2y^4 + 8.485x^3y^3, \{x, 0, 14\}, \{y, 0, 10\}]$$

**Figura 3.** Gráfico do polinômio.

CONCLUSÕES

Como se pode observar na Figura 2, o modelo apresentado determina um dos polinômios que separa os conjuntos A e B.

Uma das dificuldades do modelo está na montagem dos problemas de programação linear. Inicialmente, são calculados m polinômios de grau 1, que são as restrições e a função objetivo dada pela soma algébrica destes polinômios. Se o problema encontrado não tiver solução, deve-se montar um novo problema, agora com polinômios de grau 2 e assim sucessivamente até um grau Q, para o qual se tenha uma solução. Este procedimento envolve muitos cálculos aritméticos, mas pode ser extremamente simplificado utilizando uma planilha de cálculo.

Pensava-se que haveria uma simplificação quanto ao tamanho do problema ao se utilizar as regras 1 e 2 do algoritmo de Stange e Ivanqui (1994). Esta simplificação não se verificou, pois, na solução final, o algoritmo manteve o mesmo número de restrições e variáveis do problema original. Entretanto, num total de 99 restrições, somente 28 resultaram ativas. Entre as variáveis 28 são não nulas. Trata-se, portanto, de um caso em que as regras 1 e 2 acima mencionadas não simplificam o problema. O tempo de execução foi de 0,128 segundos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- STANGE, P. *Algumas considerações sobre técnicas matemáticas de otimização*. Florianópolis: UFCS. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 1993. Publicação interna.
- STANGE, P. & IVANQUI, I.L. Uma simplificação prévia para solução do problema de programação linear. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 26, 1994, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: PETROBRAS, 1994. p. 647-652.
- BENNET, K.P. & MANGASARIAN, O.L. Robust linear programming discrimination of two linearly inseparable sets. *Optimiz. Meth. and Software*, 1:23-24,1992.

UMA SIMPLIFICAÇÃO PRÉVIA PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

Ivan Ludgero Ivanqui* e Plínio Stange⁺

RESUMO. O objetivo deste artigo é apresentar uma simplificação do problema de programação linear, antes de resolvê-lo propriamente.

Palavras-chave: programação linear, método simplex.

A SIMPLIFICATION OF THE LINEAR PROGRAMMING PROBLEM

ABSTRACT. The objective of this article is to present a simplification of the linear programming problem, before actually solving it.

Key words: linear programming, simplex method.

INTRODUÇÃO

Seja o problema de programação linear (PPL) da forma:

$$\min c^t x$$

s.a

$$Ax \leq b \quad (PL1)$$

$$x \geq 0$$

Para a solução deste problema utiliza-se, em geral, o método Simplex já muito difundido na literatura e bem conhecido pelos usuários.

Esse método, no entanto, pode revelar-se arbitrariamente ruim, no sentido de convergir muito lentamente, consumindo então enorme esforço computacional na solução de um PPL. Visando reduzir tal esforço

* Departamento de Estatística, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

⁺ Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 476, 88040-900, Florianópolis-Santa Catarina, Brasil.

Correspondência para Ivan Ludgero Ivanqui.

Data de recebimento: 24/10/95.

Data de aceite: 27/12/95.

computacional, são apresentadas aqui três regras bastante simples (Stange, 1993), descritas a seguir:

Regra Número 1:

Identificação de variáveis que serão nulas na solução ótima do PPL.

Dado um PPL na forma PL1, cuja solução ótima é $x^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$, “a variável não básica que tiver todos os coeficientes não negativos, tanto na função objetivo quanto nas restrições, será nula na solução ótima.”

Seja $i \in I = \{1, \dots, n\}$ tal que $c_i \geq 0$ e $a_{j,i} \geq 0 \forall j \in J = \{1, \dots, m\}$.

Considerando somente a i -ésima variável:

a) $c_i = 0 = 0 \leq c_i x_i, \forall x_i \geq 0, i \in I$.

b) $a_{j,i} = 0 = 0 \leq b_j, \forall b_j \geq 0, j \in J$.

Assim x_i^* minimiza $c^t x$, enquanto mantém satisfeitas todas as restrições.

Regra Número 2:

Identificação de restrições que serão supérfluas na solução do PPL.

Dado um PPL na forma PL1, “a restrição que tiver todos os seus coeficientes não positivos e o segundo membro não negativo será supérflua e poderá ser imediatamente eliminada do PPL.”

Seja $j \in J = \{1, \dots, m\}$ tal que $a_{j,i} \leq 0, \forall i \in I = \{1, \dots, n\}$.

Então $\sum_{i=1}^n a_{j,i} x_i \leq b_j, \forall x_j \geq 0$.

Como $b_j \geq 0, \sum_{i=1}^n a_{j,i} x_i \leq b_j, \forall b_j$,

ou seja a j -ésima restrição estará sempre satisfeita.

Regra Número 3:

Seleção da variável que deve entrar na base ao início de uma iteração do método Simplex.

Dado um PPL na forma PL1, “entra na base, a variável que tiver coeficiente negativo na função objetivo e que tornar não negativos o maior número possível dos coeficientes dessa função objetivo, após o pivoteamento.”

Obs:

- 1) As regras 1 e 2 apresentam uma condição suficiente para se reconhecer a priori uma variável nula na solução ótima e uma restrição supérflua no PPL, respectivamente.

- 2) A regra 3 é um procedimento heurístico e baseia-se no fato de o PPL estar resolvido quando não existirem mais coeficientes negativos na função objetivo. Não há, porém, garantia de que esta regra reduza sempre o número de iterações necessárias para resolver o PPL. Combinando estas três regras ao método Simplex convencional, tem-se o seguinte algoritmo.

O Algoritmo:

Seja o problema de programação linear (PPL1) da forma:

$$\begin{aligned} \min & c^t x \\ \text{s.a.} & Ax \leq b \quad (b \geq 0) \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

Passo 1: É possível aplicar a Regra 1? Se sim, aplicá-la enquanto possível e ir ao passo seguinte.

Se não, vá diretamente ao passo seguinte.

Passo 2: É possível aplicar a Regra 2? Se sim, aplicá-la enquanto possível e ir ao passo 1.

Se não, vá ao passo seguinte.

Passo 3: Transforme o PPL1 no PPL2:

$$\begin{aligned} \min & c^t (y - \lambda c) \\ \text{s.a.} & A(y - \lambda c) \leq b \quad (b \geq 0) \\ & y \geq 0; \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Passo 4: É possível aplicar a Regra 1? Se sim, aplicá-la enquanto possível e ir ao passo seguinte.

Se não, vá ao passo seguinte.

Passo 5: É possível aplicar a Regra 2? Se sim, aplicá-la enquanto possível e ir ao passo 4.

Se não, vá ao passo seguinte.

Passo 6: Aplicar uma iteração do Simplex ao PPL2 resultante, mas aplicando a Regra 3 na escolha da variável y , que entra na base, deixando a variável λ sempre por último, isto é, só determinar o valor de λ quando nenhum coeficiente de y for negativo.

Passo 7: O PPL2 está resolvido? Se sim, todos os coeficientes de y e de λ são não negativos, encontre $x^* = y^* - \lambda^* c$, que é solução do PPL1, senão volte ao passo 4.

Observações:

- 1) A mudança de variáveis $x = y - \lambda c$, dada no passo 3, equivale a dizer que se procura y , a partir do qual se poderá alcançar x , seguindo na direção $-\text{grad}(c^t x)$, com um passo de comprimento λ .
- 2) Como pelo menos uma restrição do PPL1 será ativa, tem-se que:
 - Pelo menos uma coordenada de y^* será igual a zero.
- 3) Além disto, quanto a λ :
 - Se $\lambda^* = 0$, a solução x^* estará na fronteira do primeiro quadrante do R_n .
 - Se $\lambda^* > 0$, a solução x^* será um ponto interior do primeiro quadrante.
 - Se $\lambda^* \rightarrow \infty$, o PPL1 é ilimitado.
 - Se o PPL2 não tiver solução viável, o PPL1 também não terá.

EXEMPLOS NUMÉRICOS

A seguir, são apresentados quatro exemplos numéricos. Apresentam-se como resultado o número de variáveis e o número de restrições, iniciais do problema, depois o número de variáveis e o número de restrições após a aplicação do algoritmo. Na tabela que segue, a primeira coluna indica as restrições que não foram eliminadas, as colunas seguintes, com números diferentes de zero, indicam as variáveis que não foram eliminadas. As duas últimas colunas, a primeira nos fornece os valores das variáveis y e a última, o índice da variável. Após o quadro, aparecem o número de iterações e o tempo em minutos.

Exemplo 1.

$$\text{Max } Z = 5x_1 + 3x_2$$

s.a

$$3x_1 + 5x_2 \leq 15$$

$$5x_1 + 2x_2 \leq 10$$

Resultados

número de variáveis iniciais 2

número de restrições iniciais 2

número de variáveis 2

número de restrições 2

0	1	3	0	0
---	---	---	---	---

1	0	3	2,368421	2
2	1	5	1,052632	1
0	0	4,391921e-07	12,368422	0

número de iterações 2

tempo 0 minutos

$$X(1) = 1.052632$$

$$X(2) = 2.368421$$

$$Z = 12.368422$$

	Proposto	GAMS	EXCEL
Número de iterações	2	1	2
Tempo (minutos)	0	0,036	*

Exemplo 2.

$$\text{Min } Z = -x_1 - 2x_2 + x_3 + x_4$$

s.a

$$x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 \leq 80$$

$$x_1 + x_2 \leq 2$$

$$-x_1 + 2x_2 \leq 2$$

$$x_3 + x_4 \leq 6$$

Resultados

número de variáveis iniciais 4

número de restrições iniciais 4

número de variáveis 2

número de restrições 4

0	1	5	0	0
1	0	0	76,666664	6
2	1	1	0,666667	5
3	-2	0	0	2
4	0	0	6	9
0	0	0	3,333333	0

número de iterações 2

tempo 0.000916 minutos

$$X(1) = 0.666667 \quad X(2) = 1,333333$$

$$X(3) = 0$$

$$X(4) = 0$$

$$Z = -3.333333$$

	Proposto	GAMS	EXCEL
Número de iterações	2	3	2
Tempo (minutos)	0,000916	0,049	*

Exemplo 3.

Min $Z = 10x_1 - 10x_2 + 20x_3 - 100x_4 + 80x_5 - x_6 + 20x_7 + 10x_8 + 6x_9 + 3x_{10}$

s.a

$$-3x_1 - 5x_2 - 8x_3 - x_4 + 2x_5 - 10x_6 - 40x_7 - 8x_8 - 50x_9 - 30x_{10} \leq 2000$$

$$8x_1 - x_2 + x_3 + 20x_4 + 3x_5 + 3x_7 + 3x_8 + 8x_9 + 4x_{10} \leq 100$$

$$-2x_1 - 8x_2 + 4x_3 - 3x_4 + 3x_5 - 5x_6 - 50x_7 - 20x_8 - 10x_9 - 80x_{10} \leq 3500$$

$$x_1 + 3x_3 + x_4 + 8x_5 + 4x_8 + 3x_9 + 3x_{10} \leq 1$$

$$4x_1 - 8x_2 + 5x_3 - 5x_4 - 3x_6 - 4x_7 + 6x_8 - 5x_9 \leq 200$$

$$3x_1 - 20x_2 + 2x_3 + 200x_4 + 5x_5 - x_6 + 8x_7 + 7x_8 + 6x_9 + 4x_{10} \leq 10000$$

Resultados

número de variáveis iniciais 10

número de restrições iniciais 6

número de variáveis 4

número de restrições 3

0	2	4	6	11	0	0
2	1	20	0	1902	100	13
4	0	1	0	82	1	15
6	20	200	1	20005	10000	6
0	10	100	0	9468	10000	0

número de iterações 1

tempo 0.000916 minutos

$X(1) = 0$ $X(2) = 0$ $X(3) = 0$ $X(4) = 0$ $X(5) = 0$ $X(6) = 10000$
 $X(7) = 0$ $X(8) = 0$ $X(9) = 0$ $X(10) = 0$ $Z = -10000$

	Proposto	GAMS	EXCEL
Número de iterações	1	8	12
Tempo (minutos)	0.000916	0.038	*

Exemplo 4.

Min $Z = -10x_1 - 10x_2 - 20x_3 - 100x_4 - 80x_5 - x_6 - 20x_7 - 10x_8 - 6x_9 - 3x_{10}$

s.a

$$-3x_1 - 5x_2 - 8x_3 - x_4 + 2x_5 - 10x_6 - 40x_7 - 8x_8 - 50x_9 - 30x_{10} \leq 2000$$

$$8x_1 - x_2 + x_3 + 20x_4 + 3x_5 + 3x_7 + 3x_8 + 8x_9 + 4x_{10} \leq 100$$

$$-2x_1 - 8x_2 + 4x_3 - 3x_4 + 3x_5 - 5x_6 - 50x_7 - 20x_8 - 10x_9 - 80x_{10} \leq 3500$$

$$x_1 + 3x_3 + x_4 + 8x_5 + 4x_8 + 3x_9 + 3x_{10} \leq 1$$

$$4x_1 - 8x_2 + 5x_3 - 5x_4 - 3x_6 - 4x_7 + 6x_8 - 5x_9 \leq 200$$

$$3x_1 - 20x_2 + 2x_3 + 200x_4 + 5x_5 - x_6 + 8x_7 + 7x_8 + 6x_9 + 4x_{10} \leq 10000$$

Resultados

número de variáveis iniciais 10

número de restrições iniciais 6

número de variáveis 6

número de restrições 5

0	1	2	3	6	9	10	0	0
1	-81,166626	181,66667 2	-5,83313	0	-101,166626	-47,83313	100665,17187 5	12
2	2,541667	0,333333	-0,041667	0	2,291666	0,958333	33,208332	7
3	34,916702	95,333336	3,083511	0	32,416702	-60,916489	53828,585937	14
4	0,125	0	0,375	0	0,375	0,375	0,125	5
6	-17,958328	17,333334	0,458359	1	-14,208328	-5,541641	9733,708984	6
0	32,875004	14,000001	9,625019	0	55,625	40,625019	10407,875977	0

número de iterações 4

tempo 0.003663 minutos

$X(1) = 0$ $X(2) = 0$ $X(3) = 0$ $X(4) = 0$ $X(5) = 0,125$ $X(6) = 9733,708984$
 $X(7) = 33,208332$ $X(8) = 0$ $X(9) = 0$ $X(10) = 0$ $Z = -10407,875977$

	Proposto	GAMS	EXCEL
Número de iterações	4	6	8
Tempo (minutos)	0,003663	0,053	*

* o pacote não fornece tal informação.

CONCLUSÕES

O algoritmo simplex com as modificações propostas foi programado em linguagem C++ e implementado num micro-computador 386 Dx 40.

Foram resolvidos os exemplos numéricos e apresentados os resultados finais onde constam número de variáveis iniciais, número de restrições iniciais, número de variáveis e número de restrições finais, o quadro final, no qual as variáveis de folga não estão representadas, e a solução final. A seguir, é apresentado um quadro comparativo onde constam número de iterações e tempo de execução (em segundos), obtidos pela solução, utilizando o algoritmo com as modificações propostas, o GAMS e a Planilha EXCEL, respectivamente.

Conforme pode-se observar, as modificações propostas podem acelerar a convergência do algoritmo simplex e, quando isto não acontecer, ou seja, quando não ocorrer uma redução na dimensão do problema, o algoritmo terá um comportamento idêntico ao convencional.

Finalmente, conjectura-se que, para problemas de grande porte, a redução do esforço computacional tende a crescer rapidamente, em proporção direta à quantidade de variáveis nulas e restrições não ativas que se apresentarem.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- STANGE, P. *Algumas considerações sobre técnicas matemáticas de otimização*. Florianópolis: UFSC. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, 1993. Publicação internas.

ESTUDO DA TROCA IÔNICA Na-Cr EM ZEÓLITAS NATURAIS EM LEITO FIXO

**Maria Angélica Simões Dornellas de Barros^{*}, Fabiano Volpato
Alves^{*}, Nádia Regina Camargo Fernandes Machado^{*}
e Eduardo Falabella Sousa-Aguiar⁺**

RESUMO. Zeólitas são alumino-silicatos microcristalinos de origem natural ou sintética. A presença de átomos de alumínio na rede zeolítica gera cargas negativas, que são neutralizadas por cátions. Uma das principais características da zeólita é a possibilidade de trocar estes cátions por outros existentes em solução. Esta propriedade foi utilizada para se estudar o comportamento de uma zeólita natural composta por clinoptilolita e mordenita, pré-tratada com sódio, frente a íons cromo. As soluções de cromo trivalente testadas eram de origem artificial (nitrato de cromo) e natural (efluente tratado de curtume). A zeólita foi submetida a sucessivas corridas com estas soluções e regenerada com cloreto de sódio.

Palavras-chave: zeólita, troca - iônica, cromo, efluente natural.

Na-Cr ION EXCHANGE STUDY IN NATURAL ZEOLITES IN FIXED BED

ABSTRACT. Zeolites are microcrystalline alumino-silicate which come from nature or can be synthesized. The presence of aluminum atoms in the zeolite framework originates negative charges which can be neutralized by cations. One of the most important zeolite characteristics is the possibility of exchanging these cations for others in solution. This property has been used to study the sodium pretreated natural zeolite (clinoptilolite and mordenite) behaviour when in contact with chromium ions. It has been studied two types of trivalent chromium solutions: one artificial, obtained from chromium nitrate and another,

^{*} Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil.

⁺ CENPES/PETROBRÁS, Tel: (021)5986643, Fax: (021)5986626, Rio de Janeiro-Rio de Janeiro, Brasil.

Correspondência para Maria Angélica Simões Dornellas de Barros.

Data de recebimento: 09/10/95.

Data de aceite: 20/11/95.

obtained from tanning industries effluent. The zeolite passed through successive runs with these solutions and was regenerated with sodium chloride.

Key words: zeolite, ion-exchange, chromium, natural wastewater.

INTRODUÇÃO

As zeólitas são alumino-silicatos de origem natural ou sintética constituídas por uma rede de tetraedros de silício e alumínio ligados entre si por átomos de oxigênio. A estrutura zeolítica apresenta desta forma átomos de alumínio ligados a quatro átomos de oxigênio, proporcionando-lhe uma carga negativa. Em zeólitas naturais outros elementos trivalentes podem estar na rede cristalina substituindo o alumínio (Breck, 1984). Nas zeólitas sintéticas a inserção de elementos trivalentes pode ser feita (Barzón e Cardoso, 1995). Esta carga negativa deve ser neutralizada por cátions os quais recebem o nome de cátions de compensação, que podem ser trocados. Esta propriedade iônica foi utilizada para estudar o comportamento de intercâmbio catiônico entre um sistema zeolítico contendo sódio, cálcio e potássio e íons cromo trivalentes presentes em solução. Para este fim, uma zeólita natural cubana (composta por clinoptilolita e mordenita) foi utilizada. O uso de uma zeólita natural ao invés de outra sintética (de menor razão Si/Al e conseqüentemente melhor troca) se dá devido ao seu baixo custo. No entanto, o mineral contém diversos tipos de cátions de compensação. Por isso, a zeólita natural necessita de um tratamento prévio que visa trocar estes cátions de compensação por íons sódio mais facilmente trocáveis. Em seguida, este material foi caracterizado em relação à razão Si/Al e aos principais cátions de compensação, já que o pré-tratamento utilizado não consegue tornar a zeólita totalmente homoiônica.

Vários autores (Barros *et al.*, 1995, Loizidou *et al.*, 1992, Semmens e Martin, 1988, Williford *et al.*, 1992, Zanzow e Murphy, 1992) afirmam que este procedimento melhora a capacidade de troca da zeólita uma vez que é feita em condições mais drásticas (concentrações mais elevadas) e assim, cátions localizados mais internamente nos canais zeolíticos conseguiriam ser trocados.

A capacidade de troca iônica está diretamente relacionada com a quantidade de alumínio presente na estrutura zeolítica. Assim sendo, baixas razões Si/Al, isto é, altas concentrações de alumínio, favorecem a troca. Porém, para uma boa eficiência de troca, outros parâmetros também devem ser observados, a saber: a natureza das espécies catiônicas

em solução e as espécies aniônicas a estas associadas, o solvente empregado e a temperatura. Cátions de maior carga e menor raio são preferidos pela zeólita. Porém, cátions de grande raio de hidratação mesmo que de carga alta, podem ser recusados por efeito estérico já que os canais zeolíticos são de dimensão molecular. A abertura dos poros da mordenita é de $(2,9 \times 5,7 - 6,7 \times 7,0 \text{ \AA})$ para a clinoptilolita, $(4,0 \times 5,5 - 4,4 \times 7,2 \text{ \AA})$. A temperatura também favorece a troca (Breck, 1984). O Cr^{+3} , apesar de ter uma alta carga e um tamanho de íon pequeno ($0,64 \text{ \AA}$) possui uma alta tendência de se hidratar e formar complexos (Richard e Bourg, 1991). Desta forma, a preferência da zeólita por este cátion pode ser diminuída por problemas estéricos.

O comportamento de troca pode ser evidenciado através das isotermas. Estas podem ser obtidas graficamente e apresentam as concentrações de determinado íon tanto na fase zeolítica quanto em solução num sistema em equilíbrio. Portanto, a isoterma mostra se a zeólita é favorável ou não à troca. A isoterma pode ser obtida a partir dos dados de fração de equivalentes do cátion A (originalmente na fase líquida) em solução (AS), e a fração de equivalentes de cátions A na zeólita (AZ). Podem ser obtidas 5 curvas, conforme ilustração abaixo:

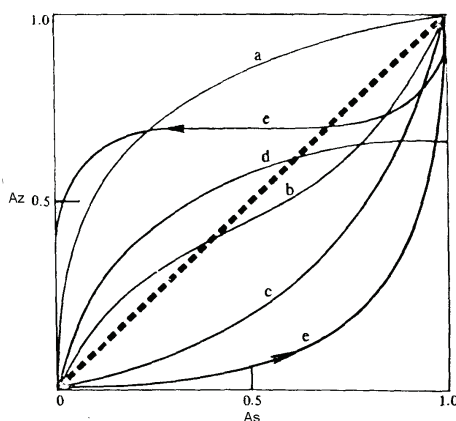


Figura 1. Isotermas de Troca Iônica.

- Isoterma tipo “a”: seletividade para o cátion que entra em oposição ao que sai sobre toda a faixa de composição da zeólita;
- Isoterma tipo “b”: o cátion que entra é preferido somente no início;

- Isoterma tipo “c”: a zeólita prefere o cátion que sai em toda a faixa de composição;
- Isoterma tipo “d”: a troca não é completa muito embora o cátion que entra seja inicialmente preferido;
- Isoterma tipo “e”: efeito de histerese que pode resultar da formação de duas fases zeolíticas.

A 313K, a isoterma de um sistema zeolítico contendo cátions sódio e cromo trivalentes é descrito como sendo do tipo “b”, ou seja, a zeólita, no início, dá preferência ao íon cromo. Porém, logo em seguida, estes íons não são mais preferenciais (Barros, *et al.*, 1995). A Figura 2 representa a isoterma de troca.

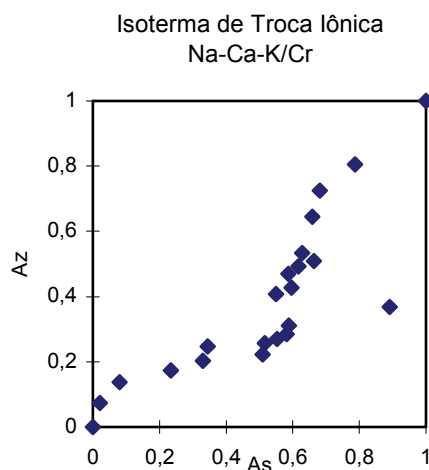


Figura 2. Isoterma de Troca Iônica tipo “b” obtida a 313K para o sistema Na-Ca-K/Cr.

A unidade de troca iônica utilizada, bem como o procedimento de corrida, foram baseados em Williford *et al.*, 1992. A coluna, composta por vidro, possui um leito de clinoptilolita, pela qual se passa a solução de amônio em sentido descendente. Quando a concentração de saída deste cátion atinge um limite máximo, a zeólita é lavada com água deionizada e é regenerada em fluxo ascendente com uma solução de cloreto de sódio também no mesmo sentido. A regeneração é interrompida, quando não há mais íons amônio na corrente de saída. Segue-se novamente a lavagem do material. O pH utilizado está na faixa de 7,5 a 11,5. Para a mordenita, Huang e Hao, 1989, afirmam que em pH básico, os íons hidroxila aumentam o número de coordenação do

silício, enfraquecendo suas ligações com o oxigênio da zeólita. Muitas vezes, este é liberado da estrutura. Em pH ácido, a ligação Al - O se torna frágil e pode ocasionar a solubilização do alumínio, destruindo a mordenita. Em pH < 4 esta solubilidade aumenta significativamente. Segundo Zamzow e Murphy, 1992, íons cálcio presentes em solução competem com o cátion a ser trocado e Williford *et al.*, 1992, afirmam que a presença de matéria orgânica no efluente reduz a capacidade de troca da zeólita em até 20%.

As soluções de cromo se constituíram de dois tipos: uma solução artificial, proveniente de nitrato de cromo, e outra de efluente natural de curtume, obtida diretamente do fulão e tratada em laboratório.

O processamento de peles para o curtimento é composto basicamente de três etapas: operações de ribeira, operação de curtimento e operações de acabamento. As operações de ribeira visam à preparação da pele para a penetração do agente curtente. Nesta etapa, a pele que estava estocada de forma desidratada pela adição de sal, começa a ser tratada. A operação de caleiro, contida nesta etapa, visa à depilação da pele utilizando-se, entre outros produtos, hidróxido de cálcio. A operação de curtimento é aquela que utiliza o agente curtente para tornar a pele imputrescível. Este pode ser tanto de origem orgânica (curtente vegetais, sintéticos aldeídos, parafinas sulfocloradas) como inorgânica (sais de cromo, de zircônio, de alumínio, de ferro) (Hoinacki, 1989). As indústrias da região norte do Paraná utilizam sais de cromo trivalentes como agente curtente. Apesar de todo o tratamento das águas residuais destas indústrias, que visa basicamente à precipitação deste cátion na forma de hidróxido, através da elevação do pH, os curtumes ainda são considerados poluidores, pois uma pequena quantidade de cromo já é considerada tóxica. Admite-se, para água potável, uma quantidade máxima de 0,05 ppm de cromo trivalente (Zanzow e Murphy, 1992, Richard e Bourg, 1991).

O efluente que sai do fulão contém um grande excesso de cromo, cátions cálcio, vindos do caleiro, e cátions sódio, originários da conservação das peles.

MATERIAIS E MÉTODOS

Pré-tratamento da Zeólita:

120g de material (com dp > 80 mesh) foram pré - tratadas utilizando-se uma solução de NaCl (2N). Para tanto, porções de 10g de zeólita foram agitadas em “shaker” com 5 volumes de leite de solução por uma hora. Cada porção foi então filtrada em funil de Büchner, lavada com 50ml de solução e 50 ml de água deionizada. O material é então seco a 373K

também por 1 hora. O procedimento é repetido 4 vezes e a zeólita é então lavada novamente (com 5 volumes de leito) e seca.

Soluções de Cromo utilizadas:

As indústrias de curtimento utilizam muitas vezes como material curteute compostos de cromo trivalente. Quando em contato com a pele, o Cr^{+3} se liga à estrutura epidérmica deixando-a imputrescível. A solução de cromo que sai do fulão segue para o processo de tratamento de efluentes, que se resume basicamente ao aumento do pH visando à precipitação do hidróxido de cromo. Este íon é conhecido pela sua grande facilidade de formar complexos, por isso, o pH básico ($\text{pH} > 8$) demora a estabilizar. Por este motivo é que muitas vezes a solução passa para as próximas etapas de tratamento com um teor de cromo acima do permitido.

As soluções obtidas diretamente do fulão de um curtume foram submetidas, em laboratório, a um tratamento bastante similar ao da indústria. A solução, de pH inicial aproximadamente 3,5, alcança um pH final acima de 8 a partir da adição de pastilhas de NaOH, sob agitação magnética. Segue-se a filtração em funil de Büchner. Desta forma, o efluente que continha aproximadamente 2g de Cr^{+3}/l baixa sua concentração para 20 ppm. A solução assim obtida contém altos teores de sódio. A zeólita dá preferência a íons de carga mais elevada, porém, o Cr^{+3} geralmente hidratado, tem raio da ordem dos canais zeolíticos. Desta forma, a troca muito embora seja preferencial, pode ser impedida por efeito estérico. Por isso, para os testes realizados com efluente natural, o mesmo foi tratado com outra base, NH_4OH , uma vez que depois da precipitação, NH_3 pode ser liberado via aquecimento, até 343K. A solução, após a correção de pH e filtração, é aquecida a esta temperatura.

As soluções artificiais foram obtidas a partir de nitrato de cromo nona-hidratado, com concentração de cerca de 20ppm do metal.

A unidade de Troca Iônica:

A unidade consiste de um reservatório que contém a solução de cromo ou a solução para regeneração, uma bomba peristáltica que alimenta um reator de vidro (16 x 1 cm) utilizado como leito fixo, o qual contém 1,00g de zeólita. A vazão da bomba é de 2,25ml/min. Após 4 horas de corrida com efluente seguem-se duas horas de lavagem com água deionizada. A mesma zeólita é submetida então à regeneração com NaCl (2N), à mesma vazão, liberando os íons cromo pela troca destes pelo sódio da solução. Optou-se pela utilização de leito fixo em ambos os processos, porque em fluxo ascendente o leito continha regiões de “by-

pass”, dificultando o contato efluente-zeólita. Foram realizadas 3 corridas com efluente e outras 3 de regeneração.

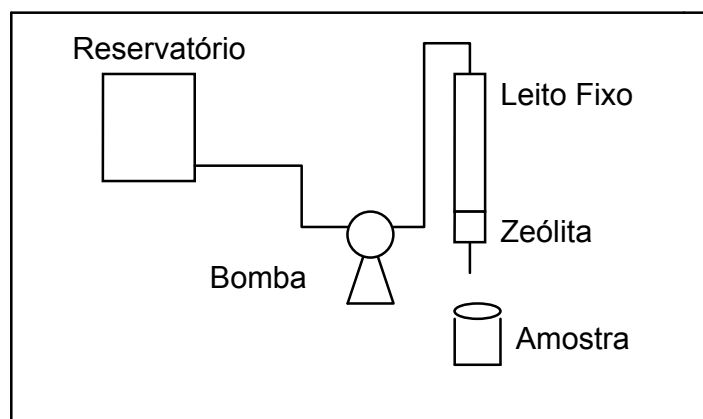


Figura 3. Unidade de Troca Iônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da zeólita:

A zeólita natural cubana utilizada nos testes foi submetida a análise química para identificação e quantificação dos cátions de compensação constantes antes e após o tratamento com NaCl.

Os dados abaixo foram obtidos por espectrofotometria de absorção atômica e fluorescência de raios-x. Na Tabela 1 são apresentados os dados obtidos por FRX, para a zeólita sem pré-tratamento. Observa-se a existência de muitos elementos que atuam ou como cátions de compensação ou como constituintes da rede cristalina em substituição a íons alumínio. A concentração destes elementos não chega a ser expressiva. A exceção é o teor de sódio. As análises de FRX não foram realizadas para cálcio e potássio. A Tabela 2 apresenta os dados obtidos por AAS. São mostrados os principais cátions de compensação e suas respectivas concentrações de forma normalizada. Observa-se que o pré-tratamento aumenta a concentração de íons sódio na zeólita, porém, não a torna homoiônica. As concentrações de cálcio e potássio diminuem com o pré-tratamento, porém ainda são expressivas. Apresenta-se também a razão Si/Al da zeólita, a capacidade de troca catiônica baseada na

quantidade de alumínio da zeólita e a densidade do leito. ZNT se refere aos dados do material não tratado e ZT aos dados da zeólita tratada.

Tabela 1. análise química da zeólita não tratada obtida por FRX.

Substância	% mássica
MgO	0,54
Na ₂ O	3,43
CuO	0,0019
NiO	0,0041
Fe ₂ O ₃	1,00
La ₂ O ₃	0,06
TiO ₂	0,31
BaO	0,08
Nd ₂ O ₃	0,05
SiO ₂	80,58
V ₂ O ₅	0,0173
Al ₂ O ₃	13,62
Sb ₂ O ₃	0,0629

Tabela 2. Composições percentuais mássicas da zeólita antes (ZNT) e depois do pré - tratamento (ZT).

Principais Cátions de Compensação	ZNT	ZT
Na	38	61
Ca	46	24
K	16	15

Razão Si/Al = 4,6

Capacidade de Troca Catiônica (baseada na quantidade de alumínio existente na zeólita) = 273 meq/100g de zeólita

Densidade do leito de zeólita (ρ) = 0,93 g/ml

Caracterização do efluente natural:

A solução natural contém além dos íons Cr⁺³, vários outros provenientes dos tratamentos que antecedem o curtimento propriamente dito, sendo os principais o Na⁺ e o Ca⁺². O efluente, após o tratamento com hidróxido de amônio até pH 8, apresenta-se com altas quantidades destes cátions, 24500ppm e 600ppm, respectivamente. A concentração de Cr⁺³ logo após a precipitação é da ordem de 30 ppm, porém este valor vai caindo até se estabilizar em 5,5 ppm e pH = 7. Estas análises foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica. O método

utilizado não considera a interferência de nenhum destes cátions na análise de qualquer outro de interesse. Também não faz menção a respeito da interferência de moléculas orgânicas como proteínas.

Na solução também está presente proteína originária da pele. Quando o tratamento do efluente é feito com NaOH, este possui inicialmente uma concentração de 0,263 mg de proteína/ml de solução. Esta concentração vai decrescendo com o tempo de estocagem. O método de análise de proteínas utilizado foi o “Método de Lowry”.

Comportamento da zeólita em leito fixo:

A unidade consiste em um leito que emprega uma massa de zeólita de 1,00g, o que corresponde a um volume de leito de 1,08ml. O tempo de residência (τ) é dado por:

$$\tau = \text{Volume do reator} / \text{Vazão do fluido} = 1,08/2,25 = 0,48 \text{ min.}$$

Os dados de tempo foram tratados de forma adimensional (θ):

$$\theta = \text{tempo adimensional} = \text{tempo de corrida} / \tau$$

Inicialmente, foi realizado um teste em branco para a verificação de uma possível adsorção de efluente pelo material constituinte da unidade. A corrida foi realizada por 4 horas com uma concentração inicial de cromo de 12ppm. A Figura 4 mostra os resultados obtidos. Nota-se que não há diferença entre as quantidades de cromo inicial e final, indicando que o material constituinte da unidade não é bom adsorbato. Os desvios entre a concentração de cromo que entra no sistema e a concentração que sai são de ordem experimental.

Os gráficos que se seguem representam as corridas com cromo e as respectivas regenerações. Denominam-se por grupo I as corridas com efluente artificial e por grupo II as corridas com efluente natural tratado. Todas as corridas com efluente, bem como as suas respectivas regenerações foram seguidas de duas horas de lavagem, as quais se iniciam em $\theta = 533,6$. Os dados da Figura 5, para regeneração, foram apresentados até $\theta = 500$ apenas para melhor visualização do pico de cromo. No entanto, as corridas de regeneração seguiram-se pelas 6 horas pré-estabelecidas.

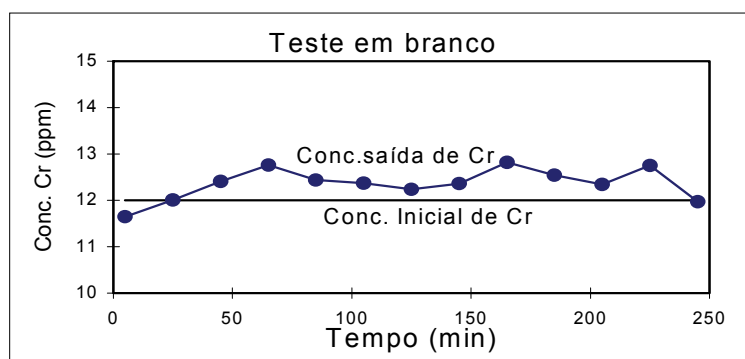


Figura 4. Teste em branco para verificação de adsorção de efluente pela unidade de troca.

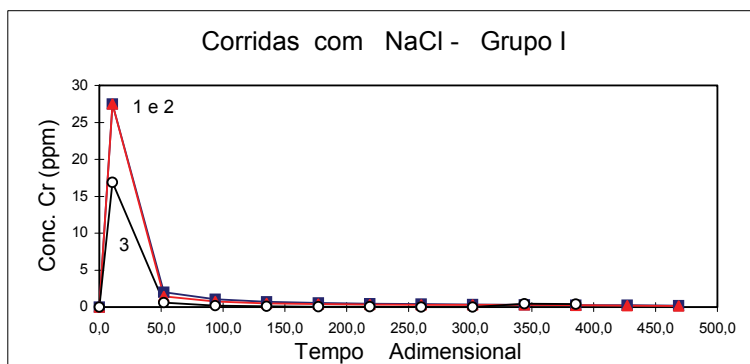
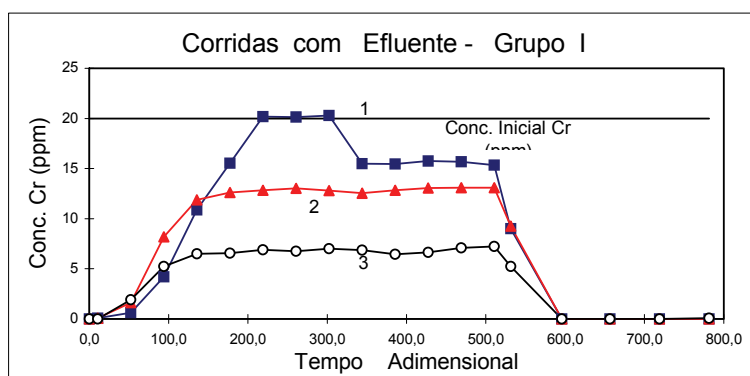


Figura 5. Comparação entre as corridas do grupo I: efluente artificial e regeneração.

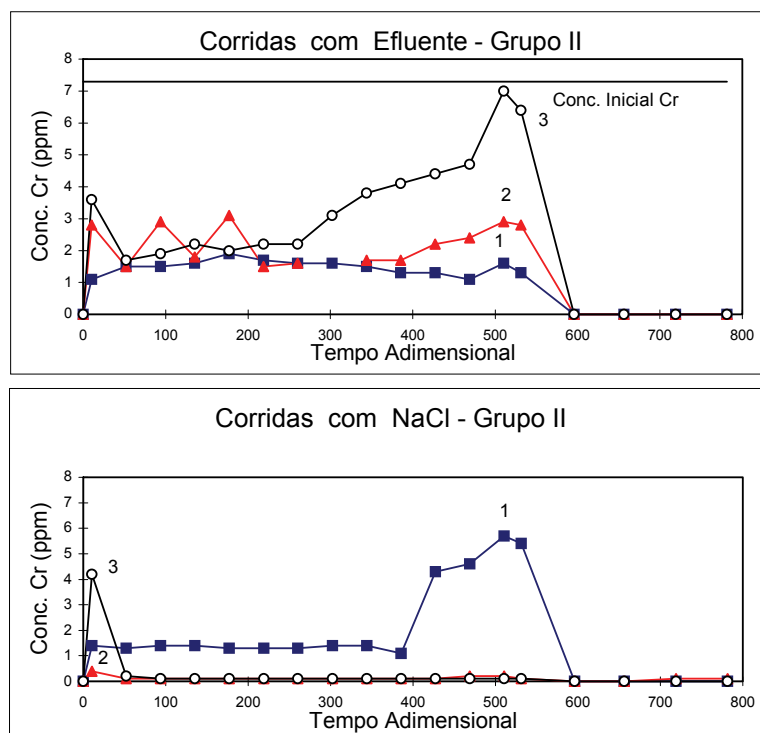


Figura 6. Comparação entre as corridas do grupo II: efluente natural e regeneração.

Observa-se em relação ao grupo I que a zeólita melhora o seu comportamento de troca. Isto pode ser verificado, através da diminuição dos patamares de concentração de cromo após a passagem pelo leito. No início (corrida 1) observa-se que a zeólita chega até mesmo a se saturar e depois ($\theta > 345,3$) esta aceita novamente íons cromo. Nas corridas 2 e 3 observa-se que a zeólita está longe de se saturar, indicando a troca com cátions cada vez menos acessíveis, ou seja, a zeólita está aumentando sua capacidade de troca. A regeneração 1 mostra que nos primeiros instantes de corrida o mineral libera o cromo dando preferência pelo sódio em solução. As corridas com efluente que se sucedem mostram uma concentração de saída de cromo menor que aquela de entrada, o que significa que a zeólita aceita mais facilmente este íon. Da mesma forma, as regenerações são rápidas, ou seja, apenas nos primeiros minutos já

ocorre liberação total de cromo presente na zeólita. Nota-se também um decréscimo no pico da terceira regeneração mostrando que a zeólita não consegue retirar todo o cromo nela existente.

O comportamento do mineral frente à solução de origem natural é completamente diferente da artificial e mostra claramente a interferência de matéria orgânica e de outros cátions na troca iônica. Esta solução natural (efluente de curtume), após o tratamento com amônio, precipitação e aquecimento, apresenta transformação mais lenta, tendo o pH aumentado e ocorrendo precipitação de cromo. Isto mostra a necessidade de um tempo mais longo para a sua estabilização. A concentração de cromo lida nos primeiros instantes é da ordem de 31,5 ppm, porém, após 15 dias há a presença de precipitado de granulometria muito fina e coloração verde, cujo filtrado tem 9,5 ppm de cromo. Com essa solução foram obtidos o conjunto de dados do grupo II. Esta mesma solução apresenta uma concentração final após uma semana, de 7,3 ppm e após 15 dias, de 5,5 ppm.

Em relação ao grupo II, observa-se que a zeólita tem a tendência de se saturar à medida que as corridas com efluente natural vão sendo realizadas. Uma das prováveis causas da diferença de comportamento entre as corridas com efluente natural e com efluente artificial é que o grupo II contém uma quantidade de matéria orgânica que pode estar entupindo a zeólita, causando assim, um decréscimo da eficiência de troca devido ao impedimento do acesso de íons cromo aos átomos de alumínio da rede cristalina. Observa-se, também, que as regenerações 2 e 3 ocorrem de maneira bem semelhante aos dados de regeneração do grupo I (efluente artificial). Porém, a regeneração 1 se apresenta de forma totalmente diferente. Parece que há retenção de parte do cromo o qual só é liberado após um período prolongado de tratamento (500). Observa-se que o comportamento das corridas com efluente (corridas 1, 2 e 3) do grupo II tem uma pequena diferença entre si. As corridas 1 e 2 mostram a liberação de cromo numa concentração aproximadamente constante. No entanto, a corrida 2 já apresenta uma tendência à saturação maior que a anterior. A corrida 3 indica a total saturação da zeólita em relação ao íon cromo. Observa-se também um pico em torno de $\theta = 500$ nas três corridas. Sua intensidade vai aumentando à medida que estas são realizadas.

CONCLUSÃO

Com os dados apresentados é possível concluir que:

1. A zeólita natural, muito embora com uma alta razão Si/Al, proporciona uma capacidade de troca razoável;
2. A forma da regeneração observada com liberação de todo o cromo da zeólita, logo no início do tratamento, indica sua preferência pelos cátions sódio à temperatura ambiente;
3. A espécie trivalente do metal em questão forma muitos complexos principalmente com amônia, o que explica as alterações no pH e conseqüentemente na concentração do efluente natural;
4. Os gráficos de corridas com efluente artificial apresentam uma tendência favorável à captação de cromo pela zeólita. Este comportamento se deve, provavelmente, à troca de outros cátions de compensação desta por íons sódio durante as regenerações. Estas corridas portanto, estariam complementando o pré-tratamento;
5. As corridas dos grupos II mostram a grande influência de matéria orgânica e de outros cátions competidores existentes em solução natural. Assim, ao contrário do que ocorre com a solução artificial, a zeólita chega até mesmo a se saturar de íons cromo, o que ocorre na terceira vez que o efluente passa pelo leito. O pico em $\theta = 500$ demonstra que este valor é crítico para a saturação da zeólita, uma vez que é perceptível desde a primeira corrida;
6. A regeneração do grupo II se assemelha ao grupo I, confirmando a não preferência pelo cromo mesmo na presença de outros cátions. A primeira regeneração do grupo II possui um comportamento totalmente diferente. Provavelmente, a liberação significativa do cromo somente após um tempo de tratamento prolongado se refere à liberação deste cátion de regiões de difícil acesso dos canais zeolíticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, M.A., MACHADO, N.R.C.F. & SOUSA-AGUIAR, E.F. Construção de isotermas de troca iônica com zeólitas naturais, In: ENCONTRO REGIONAL DE CATÁLISE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 3, 1995, Campinas. *Anais...* Campinas, 1995. p. 47-50.
- BARZÓN, A. M. & CARDOSO, D., Formação de dietilbenzenos sobre metalossilicatos microporosos com estrutura tipo MFI, In: ENCONTRO REGIONAL DE CATÁLISE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 3., 1995, Campinas. *Anais...* Campinas, 1995. p. 80-82.
- BRECK, D.W., *Zeolites molecular sieves*. Florida: Robertt E. Krieger Publishing, 1984.

- HOINACKI, E., *Peles e couros: origens, defeitos e industrialização*. Porto Alegre: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 1989.
- HUANG, C.P. & HAO, O.J., Removal of some heavy metals by mordenite. *Environ. Tech. Lett.*, 10:863-874, 1989.
- LEVENSPIEL, O., *Engenharia das reações químicas*. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. v. 1-2.
- LOIZIDOU, M., HARALAMBOUS, K.J. LUKATOS, A. & DIMITROKOPOVLOV, D. Natural zeolites and their ion exchange behavior towards chromium. *J. Environ. Sci., Health, A27(7)*:1759-1769, 1992.
- RICHARD, F.C. & BOURG, A.C.M. Aqueous geochemistry of chromium: a review. *Wat. Res.*, 25(7):807-16, 1991.
- SEMMENS, M. J. & MARTIN, W.P., The influence of pretreatment of the capacity and selectivity of clinoptilolite for metal ions. *Wat. Res.*, 22(5):537-542, 1988.
- WILLIFORD, C.W., REYNOLDS, W.R. & QUIROS, M. Clinoptilolite removal of ammonia from simulated and natural catfish pond waters. *Appl. Clay Sci.*, 6:277-291, 1991.
- ZANZOW, M.J. & MURPHY, J.E., Removal of metal cations from water using zeolites. *Sep. Sci. Tech.*, 27(14):1969-1984, 1992.

CONSULTORES DO VOLUME 17 DA REVISTA UNIMAR

O Conselho Editorial da Revista UNIMAR agradece aos pesquisadores abaixo relacionados por terem atuado como consultores dos artigos publicados no Volume 17, 1995.

Ademar Heemann.....	UFPR - Curitiba - Pr
Ademir J. Petenate.....	UNICAMP - Campinas - SP
Adriano Rodrigues Ruiz.....	UEM - Maringá - Pr
Affonso Luiz Ferreira.....	UFSCar - São Carlos - SP
Alberto Carvalho Peret.....	UFSCar - São Carlos - SP
Alécio Vidor.....	UFSM - Santa Maria - RS
Alfredo Pereira Júnior.....	UNESP - Botucatu - SP
Alice Áurea Penteado Martha.....	UEM - Maringá - Pr
Ana Maria Castelo Rabelo.....	UEM - Londrina - Pr
Ana Maria de O. Burmester.....	UFPR - Curitiba - Pr
Antônio Marcos Orsi.....	IB/UNESP - Botucatu - SP
Beatriz Monte Serrat Prevedello.....	UFPR - Curitiba - Pr
Carlos Daghlán.....	UNESP - S.J.Rio Preto-SP
Carlos de Sousa Lucci.....	USP - Pirassununga - SP
Carmino Hayashi.....	UEM - Maringá - Pr
Cassilda Maria Ribeiro.....	USP - São Carlos - SP
Cecy Barbosa Campos.....	UFJF - Juiz de Fora - MG
César Aparecido Nunes.....	PUCCAMP - Campinas - SP
Cleide Nebias.....	UNESP - Botucatu - SP
Doherty Andrade.....	UEM - Maringá - Pr
Durval Rosa Borges.....	EPM - São Paulo - SP
Durvali Emílio Fregonezi.....	UEL - Londrina - Pr
Edvard Elias de Souza Filho.....	UEM - Maringá, - Pr
Elias Boaventura.....	UNIMEP - Piracicaba - SP
Elisabeth Criscuolo Urbinatti.....	UNESP - Jaboticabal - SP
Elizabeth Romagosa.....	IP - São Paulo - SP
Elza Taeko Doi.....	UNICAMP - São Paulo - SP

Evandir Codato.....	UEM - Maringá - Pr
Felizberto Cavalheiro	FFLCH/USP - São Paulo-SP
Francisco Manoel de Souza Braga	UNESP - Rio Claro-SP
Francisco Moraes Paz.....	UFPR - Curitiba - Pr
Futim Buffara Antunes	FAFI - Paranaguá - Pr
Gentil Luiz de Faria.....	UNESP-S.J.Rio Preto - SP
Gilberto César Pavanelli.....	UEM - Maringá - Pr
Gláucia Maria Bovi Ambrosano.....	IA/USP - Campinas - SP
Heid Sueli Leme dos Santos.....	UNESP - Jaboticabal - SP
Ilana Braj	USP - São Paulo - SP
Jarbas Leite Nogueira.....	USP - Ribeirão Preto-SP
Jean Vincent Marie Guhur.....	UFMS - Campo Grande - MS
João José Lachat.....	UNESP- Ribeirão Preto-SP
João Luiz Gasparim.....	UEM - Maringá - Pr
João Waine Pinheiro.....	UEL - Londrina - Pr
José Cláudio Moura.....	UNICAMP - Campinas - SP
José Eduardo dos Santos	UFSCar - São Carlos - SP
José Luiz Ames	UNIOSTE - Toledo - Pr
José Macimiliano H. Sandoval	UESB - Jequié - BA
José Roberto Verani	UFSCar - São Carlos - SP
Júlio César Melati.....	UNB - Brasília - DF
Júlio Damasceno.....	UEM - Maringá - Pr
Juril do Nascimento Campelo.....	UFPR - Curitiba - Pr
Lízia Helena Nagel.....	UEM - Maringá - Pr
Luiz Roberto Evangelista	UEM - Maringá - Pr
Marcílio Hübner de Miranda Neto	UEM - Maringá - Pr
Margarete Cristiane C. T. Amarin.....	UNESP - P. Prudente - SP
Maria Benta de Lima Barbosa	UEM - Londrina - Pr
Maria Conceição Zocoller Sano	UNESP - Ilha Solteira-SP
Maria Guadalupe Pedrero Sanchez	UNESP - Assis - SP
Maria Helena A. Santana.....	UNICAMP - Campinas - SP

Marília Gouveia de Miranda	UFG - Goiânia - GO
Marta Pinheiro	UFPR - Curitiba - Pr
Miguel Carlos Madeira	UNESP - Araçatuba - SP
Milton de Azevedo Campos	UFPR - Curitiba - Pr
Milton Hermes Rodrigues	UEM - Maringá - Pr
Milton Mori	UNICAMP - Campinas - SP
Neide Aparecida Zamuner Barrios	UNESP - P. Prudente - SP
Neuza Ceciliato de Carvalho	UEL - Londrina - Pr
Newton Aquiles Von Zuben	UNICAMP - Campinas - SP
Nilce Marzolla Ideriha	UEL - Londrina - Pr
Octávio Freire	UNESP - P. Prudente - SP
Otto Mack Junqueira	UNESP - Jaboticabal - SP
Paulo Affonso Bellincieri	UNESP - Jaboticabal - SP
Paulo Irajara Borba Carneiro	UFPR - Curitiba - Pr
Paulo Marques dos Santos	USP - São Paulo - SP
Pedro José Winterstein	UNESP - Piracicaba - SP
Ricardo Reis de Andrade	UNESP - Jaboticabal - SP
Roberto Barbosa Bazotte	UEM - Maringá - Pr
Roberto Gomes de Souza Berlinck	IQSC - São Carlos - SP
Sandino Hoff	UFMS - Campo Grande - MS
Sérgio Paulo Campana Filho	IQSC - São Carlos - SP
Sidinei Magela Thomaz	UEM - Maringá - Pr
Sigrid Paula M. L. S. Renaux	UFPR - Curitiba - Pr
Sílvia Inês C. C. Vasconcelos	UEM - Maringá - Pr
Sílvia Lúcia Ferreira	UFB - Salvador - BA
Sílvio Ancisar Sanchez Gamboa	UNICAMP - Campinas - SP
Telma Teresinha Berchialli	UNESP - Jaboticabal - SP
Thomas Bonnici	UEM - Maringá - Pr
Uriel Franco Rocha	EPAMIG - Uberaba - MG
Valdevino Soares de Oliveira	UNESP - Assis - SP
Vera Helena de Gomes Wielewecki	UEM - Maringá - Pr

Walter Antonio Pereira Boeger	UFPR - Curitiba - Pr
Wilson Maurício Tadini	UNESP - S.J.Rio Preto-SP

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

1 - NORMAS GERAIS

A **REVISTA UNIMAR** é subdividida em três áreas de conhecimento: **Ciências Biológicas e da Saúde, Ciências Exatas e da Terra e Ciências Humanas e Sociais.**

1. A **REVISTA UNIMAR** publica artigos **originais** de pesquisa em qualquer área de conhecimento, em português ou em inglês.
2. Os artigos já publicados não serão considerados. Caso o artigo esteja sob consideração em qualquer outra revista científica, o fato deve ser informado pelo autor no ato da entrega.
3. A ortografia e o estilo, bem como os conceitos emitidos, são de responsabilidade do(s) autor(es).
4. Os artigos devem ser acompanhados de uma carta de encaminhamento, constando o endereço do autor responsável, bem como a área de conhecimento em que o artigo se enquadra.
5. Serão fornecidas, gratuitamente, ao autor responsável 20 separatas e um exemplar da revista.
6. Trabalhos de revisão e resenhas, quando bem elaborados e de grande interesse atual, poderão ser apresentados para julgamento.

2 - NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS

1. Os artigos devem ser digitados em espaço duplo, papel tamanho A4 (210mm x 297mm), e virem acompanhados de um disquete digitado em Word for DOS (v. 4 ou posterior) ou Word for Windows (v. 2 ou posterior). O artigo não deve exceder a 20 páginas, incluindo tabelas, gráficos, figuras e referências bibliográficas.
2. O texto deverá ter, preferencialmente, a seguinte estrutura: **introdução, desenvolvimento (materiais e métodos, resultados, discussão), conclusão e referências bibliográficas.**
3. O título, com no máximo 20 palavras, em português e em inglês, deve ser preciso e informativo.
4. Fornecer o nome completo dos autores e respectivos endereços. Usar símbolos diferentes para distinguir autores de diferentes instituições. Os endereços devem vir em nota de rodapé, na primeira página. Indicar o autor responsável pelo recebimento de correspondências.

5. Os artigos deverão conter um resumo, com no máximo 150 palavras, em português e em inglês.
6. Palavras-chave (no máximo 6), em português e em inglês, retiradas do texto, devem ser apresentadas em ordem alfabética, após os resumos.
7. Fornecer um título abreviado do artigo, com no máximo seis palavras.
8. As ilustrações, quadros e tabelas, numeradas em algarismo arábico, com suas respectivas legendas devem vir em folhas separadas, porém inseridas no texto. Gráficos devem ser apresentados em disquete. Caso não seja possível, deverão ser desenhados com tinta preta em papel vegetal. Fotografias devem ser apresentadas em papel brilhante, em branco e preto. Ilustrações como Figuras e Gráficos, devem apresentar dimensões não superiores a 11,5cm de largura por 17,0cm de altura, incluindo a legenda, ou o dobro destas dimensões.
9. As citações literais no texto devem ser feitas pelo sobrenome do autor (em letras minúsculas), seguido do ano de publicação e página (Silva, 1981:36). Quando se refere a idéias de autores, coloca-se o sobrenome do autor (em letras minúsculas), seguido do ano de publicação (Ferreira, 1985). Quando houver dois autores, os nomes devem ser separados por “e”. Quando houver três ou mais autores, deve-se citar o primeiro autor seguido de *et al.*
10. As referências bibliográficas devem ser apresentadas em ordem alfabética e conter todos os dados necessários à sua identificação, conforme os exemplos abaixo:

Livro

SCHMIDT, G.D. *Handbook of Tapeworm Identification*. Florida: CRC Press, 1986.

Capítulo de Livro

RHOADES, M.M. Studies on the cytological basis of crossing over. In: PEACOCK, D.J. & BROCK, R.D. (ed.). *Replication and Recombination of Genetic Material*. Canberra: Australian Academy of Science, 1968. p. 229-241.

Dissertação/Tese

ACOSTA-ESPINOZA, J. *Variabilidade e associações genéticas entre caracteres de mandioca (Manihot esculenta Crantz) combinando policruzamentos e propagação vegetativa*. Piracicaba: 1984. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

Artigos de Revista

RHOADES, M.M. & DEMPSEY, E. On the mechanism of chromatin loss induced by B chromosome. *Genetics*, 71(1):73-96, 1970.

BOTELHO, C., BARBOSA, L.S.G., SILVA, M.D. & MEIRELLES, S.M.P. Fluxo migratório de casos de malária em Cuiabá/MT, 1986. *Rev. Inst. Med. Trop.*, 30(2):212-220, 1988.

Anais de Congresso

SANTOS, H.P. dos & LHAMBY, J.C.B. Competição de cultivares de beterraba açucareira e forrageira (*Beta vulgaris* L.) em 1983. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DA BETERRABA AÇUCAREIRA, 3, 1984, Pelotas. *Anais...* Pelotas: EMBRAPA-UEPAE, 1985. p. 11-18.

Artigos de Jornais

COUTINHO, W. O paço da cidade retorna ao seu brilho barroco. *Jornal do Brasil*, Rio de Janeiro, 6 mar. 1985. Caderno B, p. 6.

MINISTÉRIO proíbe fabricação e uso de agrotóxico à base de organoclorados. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 3 set. 1985. p. 25.

Revista
UNIMAR
Ciências Exatas e da Terra
Revista UNIMAR, Maringá 17(3)/95

SUMÁRIO

QUÍMICA

Edmar Clemente. Heat stability of soluble and ionically bound peroxidase from orange. 401-408

Maria Angélica Simões Dornellas de Barros, Fabiano Volpato Alves, Nádia Regina Camargo Fernandes Machado e Eduardo Falabella Sousa-Aguiar. Estudo da troca iônica Na-Cr em zeólitas naturais em leito fixo. 409-422

MATEMÁTICA

Ivan Ludgero Ivanqui e Plínio Stange. Reconhecimento de Padrões via Programação Linear. 423-428

Ivan Ludgero Ivanqui e Plínio Stange. Uma simplificação prévia para solução do problema de programação linear. 429-436

ESTATÍSTICA

Terezinha Aparecida Guedes. Metodologia de Taguchi..... 437-458

FÍSICA

Jonas T. Nery e Welligton M. Siqueiras. Análise espectral da temperatura mínima de Maringá..... 459-472

GEOGRAFIA

Hermam Vargas Silva. Julgamento e critérios em análises de impacto ambiental..... 473-488

Glaucia Deffune, Elcio S. Klosowski e Sonia M. da Silva. Concentração e intensidade pluviométrica de Maringá, 1976-1994. 489-499

Glaucia Deffune e Elcio S. Klosowski. Variabilidade mensal e interanual das precipitações pluviométricas de Maringá, 1976-1994. ... 501-510