

A Tecnologia das Rêdes de Informática

Situação Atual e Perspectivas para o Futuro

GEORGE J. FEENEY

da General Electric Company

Tradução de Luiz Fernando
do Coutto Nazareth

(Fonte: Informatique, 1970 — Paris)

EXPLANAÇÃO FEITA NO CONGRESSO SÔBRE ADMINISTRAÇÃO AUTOMATIZADA E HUMANISMO, EM SETEMBRO DE 1969

Dentre todos os importantes progressos realizados nestes últimos anos no domínio dos computadores, o mais revolucionário, aquele cujas consequências para o futuro são realmente incalculáveis, é o aparecimento da tecnologia das rêdes de informática — ou, dito de outro modo, a integração do processamento e das transmissões. Este aspecto da informática, batizado, conforme o caso, como “tempo parcial”, “processamento por acesso direto”, “processamento de massa à distância”, “teleprocessamento”¹ ou “rêde de informática”, e que desempenhava, por volta de 1960, um papel restrito, secundário e especializado, tornou-se o centro de interesse dos meios industriais.

Se bem que o número de rêdes atualmente em operação, em todo o mundo, continue relativamente pequeno, o índice de crescimento dêsse setor é quatro ou cinco vêzes maior que

o das instalações convencionais de “processamento local de massa ou por grupo”.² Muitos acreditam que as rêdes de informática terminarão por tornar-se o modo de processamento mais difundido: a própria energia elétrica, que outrora provinha de centrais individuais, instaladas no estabelecimento a que deviam servir, é agora produzida em imensas centrais e fornecida, a seguir, a milhões de indivíduos, por meio de rêdes de transmissão e de distribuição.

A finalidade dêste artigo é examinar a situação atual e as perspectivas, para o futuro, da tecnologia das rêdes de informática, e indicar algumas das aplicações em que o proces-

1. O termo “teleprocessamento” (teleprocessing) é marca registrada da I.B.M. (N. do T.)

2. A expressão “processamento por grupo” (batch processing), designa a técnica pela qual os itens a serem processados são codificados e reunidos em grupos, antes do processamento. (N. do T.)

samento por rêdes oferece vantagens imediatas. Mas convém, inicialmente, identificar os fatores estruturais determinantes, que, a nosso ver, subtendem e suscitam a rápida adoção dessa nova tecnologia.

FATORES DE DESENVOLVIMENTO

O primeiro desses fatores é a **produtividade do usuário**. Na medida em que os computadores, ao longo dos dez últimos anos, tornaram-se cada vez mais potentes, os centros de processamento passaram a receber um volume sempre crescente de tarefas, que lhes eram confiadas por um número cada dia mais elevado de usuários. A despeito da enorme capacidade dos computadores atuais, muitos de nós evocam, não sem nostalgia, os primeiros tempos, quando — quaisquer que fossem as limitações dos sistemas — era possível ter-lhes acesso, muito facilmente, e resolver os problemas através de um diálogo direto. Hoje, um centro de processamento-padrão mais parece uma repartição dos correios, onde dezenas de pessoas se afanam em tratar — ou maltratar — centenas ou mesmo milhares de pacotes de cartões de entradas, de **listings**³ de saída, de bobinas de fita etc. e onde uma burocracia operacional ergue uma sólida barreira entre o usuário e o computador.

Nesses centros, as filas de espera formam-se, inevitavelmente, nas diversas fases do processamento e uma tarefa que requer normalmente trinta segundos do tempo do computador, pode requerer 24 horas de tempo total de resposta. Para muitos cálculos de rotina, essa demora não acarreta maiores conseqüências, mas pensem em suas possíveis incidências no caso

de aplicações que requerem um estreito diálogo entre o usuário e o computador. Por exemplo, a concepção dos transformadores de grande potência foi consideravelmente aperfeiçoada pela análise em computador, que traduz os parâmetros de concepção em indicações de custo e de desempenhos. Mas se são necessárias dez iterações para obter um modelo aceitável e se cada uma dessas iterações depende da análise dos resultados anteriores, serão necessárias duas semanas para concluir um estudo que teria podido ser concluído em uma ou duas horas, se o engenheiro tivesse podido manter-se em comunicação direta e permanente com o computador.

Ora, o que o “tempo parcial” proporciona ao usuário é precisamente o acesso direto e permanente ao computador, por intermédio de dezenas de terminais locais conectadas simultaneamente a um computador central. Este método é, em verdade, o inverso dos processos tradicionais: anteriormente, o engenheiro estudava vários projetos paralelamente, para permitir ao computador executar uma só tarefa, de princípio ao fim. Ora, no contexto de uma rede, o computador central processa diversas tarefas paralelamente e permite ao engenheiro executar uma só, de ponta a ponta, dedicando uma atenção constante ao esforço criador, constituído pela escolha das alternativas, com base nos resultados obtidos. Em conseqüência, o usuário registrará um aumento sensível de sua produtividade, bem como uma redução substancial do tempo de execução das tarefas. Este aumento da produtividade, graças ao acesso direto, vem

3. Os textos que aparecem em inglês no original, foram mantidos em inglês (N. do T.)

reforçar decisivamente o caráter de utilidade e de necessidade dos computadores, em setores tais como a planificação, a computação, a análise estatística, a programação e em diversos outros setores fundamentais, como a **engineering**.

O segundo fator determinante é o que se poderia denominar a **logística informática**. Em uma sociedade industrial vasta, complexa e geograficamente dispersa, certos trabalhos de processamento muito importantes requerem a coleta de entradas, em diferentes pontos, e a distribuição dos resultados por um grande número de estações. Ora, os sistemas convencionais de computação não atendem a essas necessidades. Se você desejar utilizar um computador desse tipo, **você terá de ir a ele**, tal como os amigos iam ter ao oráculo de Delfos. Os computadores convencionais acham-se na impossibilidade absoluta de encarregarem-se, sôzinhos, das interações cotidianas entre os programas de produção de uma usina, as previsões de saída e de transporte de suas centenas de artigos, bem como de satisfazer às exigências de milhares de clientes, e é necessário, para isto, recorrer a sistemas auxiliares de transmissão de mensagens, sistemas dispendiosos, incômodos, causadores de erros e muito lentos.

A tecnologia das rédes — graças à integração das transmissões e do processamento, por ela realizada — permite interações dinâmicas entre várias atividades diferentes, geograficamente dispersas e descentralizadas, e isto por intermédio de terminais distanciados, todos com acesso aos cadastros de programa e de dados da unidade central. Convém sublinhar que se trata, ainda, de **sistemas universais**,

não especializados, que diferem, por exemplo, dos sistemas de reservas das companhias aéreas e que possuem uma flexibilidade suficiente para servir de base a aplicações complexas de teleprocessamento, sujeitas a modificações progressivas e graduais, ditadas pela experiência.

O terceiro fator determinante é a **economia dimensional**. Uma das descobertas da indústria dos computadores ao longo dos últimos vinte anos, é que, de um modo geral, o custo da unidade de trabalho-computador cresce à medida em que as dimensões do equipamento aumentam. Um sistema de computação que custe duas vezes mais, produzirá cerca de quatro vezes mais trabalho. Mesmo se adicionarmos os custos das transmissões entre a estação do usuário e o computador, e vice-versa, bem como o custo do equipamento terminal do usuário, continua a ser economicamente mais vantajoso, para uma empresa cujas necessidades sejam moderadas, alugar sua parte de serviço de um grande computador, que adquirir seu próprio equipamento.

Além dessa redução dos custos de processamento, a rede permite realizar três tipos de economia, menos especulares, mas igualmente importantes.

A primeira diz respeito ao custo da capacidade de reserva. Com efeito, quando o usuário pretende adquirir um computador, deve prever uma capacidade suficiente, que leve em conta o crescimento previsível das necessidades de processamento, em sua empresa. Ora, esta despesa de previsão poderá ser evitada se o usuário optar por adquirir, gradativamente, a uma rede de informática, a capacidade de processamento de que necessite, caso

em que pagará, cada mês, apenas a capacidade por ele efetivamente utilizada.

A segunda economia potencial refere-se à disponibilidade e à confiabilidade⁴ do computador. Se bem que seja difícil fornecer uma estimativa precisa da confiabilidade de um computador, é evidente que poucos dirigentes de empresas dispõem de recursos para adquirir o equipamento suplementar e para contratar o pessoal auxiliar indispensável para assegurar a todo sistema de processamento um funcionamento sem falhas. Ora, uma rede de informática, graças a sua capacidade e aos enormes investimentos em sistemas de transmissão, computadores e pessoal especializado de que se beneficia, está em condições de oferecer essa disponibilidade e essa confiabilidade **ótima**, tanto aos grandes quanto aos pequenos usuários.

A terceira economia decorre do **nivelamento das cargas de trabalho diurno**. Na medida em que a comunicação pessoal, direta, constitui um modo de utilização característica da rede — e nós procuramos demonstrar que esta é uma de suas mais importantes possibilidades — a rede de informática deve poder adaptar-se aos hábitos humanos, por exemplo, ao trabalho exclusivamente diurno (em geral) e à interrupção para a refeição do meio-dia. Disto resulta que o sistema é submetido a uma carga máxima de trabalho pela manhã e pela tarde. Mas se a rede cobre diversas zonas horárias, os períodos de máximo consumo combinar-se-ão, e a carga total aumentará proporcionalmente à capacidade máxima. Havendo uma carga total suficiente e um equilíbrio razoável entre as zonas horárias, esse efeito de nive-

lamento de carga pode, freqüentemente, justificar os custos de transmissões a longa distância, em uma rede de informática muito extensa.

A TECNOLOGIA ATUAL

Toda rede de informática compreende, normalmente, quatro subconjuntos funcionais principais: os terminais, as transmissões, a unidade central de processamento e as unidades de armazenamento. Começaremos por um breve exame do estado atual da tecnologia de cada um desses subconjuntos, depois descreveremos, em suas grandes linhas, certos sistemas completos, cuja utilização se generalizou.

OS TERMINAIS

Os terminais constituem a **interface** local entre o usuário e a rede.

Antes de mais nada, existem diferentes tipos de terminais de baixa velocidade. Os dispositivos de entrada por teclado e de saída por segmentos impressos, representados nos Estados Unidos pelo Teletipo Modelo 33 é, de longe, o mais difundido, hoje em dia. Só no território norte-americano, estima-se em mais de 20.000 o mínimo de teleimpressores atualmente em uso. Esses dispositivos, geralmente equipados com uma leitora⁵ e uma perfuradora de fita, são fáceis de manejar, relativamente pouco dispendiosos, e seu índice de falhas é mínimo; entretanto, são lentas (dez caracteres por segundo), barulhentas, com pouca mobilidade, e oferecem, em geral, um número limitado de caracteres: não

4. Neologismo que vem sendo largamente empregado no Brasil, para traduzir os equivalentes *reliability* (inglês) e *fiabilité* (francês).

5. A leitora detecta e transmite à unidade central do computador, os furos de um cartão perfurado (N. do T.)

podem, por exemplo, imprimir minúsculas.

Um segundo tipo de terminais, cuja utilização se está difundindo, combina a entrada por teclado com a saída por visor de tubo catódico. Esses sistemas oferecem saídas mais rápidas, da ordem de 100 caracteres por segundo, ou mais, e oferecem, ademais, a vantagem de um visor e de um funcionamento silencioso. Em contrapartida, custam cerca de duas vezes mais caro que os teleimpressores, oferecem um espaço de mostragem visual restrito — 1.000 a 2.000 caracteres — e não oferecem nenhum modo direto de conservar registro das saídas sob forma de documentos impressos.

As traçadoras de curvas diferenciais, de uma precisão da ordem de uma fração de milímetro, são igualmente utilizadas como terminais **on line** e produzem uma saída gráfica direta.

Por fim, uma variedade de dispositivos muito rápidos, tais como os sistemas de leitora de cartões e impressoras lineares,⁶ são utilizados atualmente. Segundo as características do terminal e a capacidade da linha de transmissão utilizada, esses sistemas atingem velocidades que vão de 100 a 400 caracteres por segundo e custam de oito a vinte vezes mais que um teleimpressor.

AS TRANSMISSÕES

O subconjunto das transmissões liga os terminais dos usuários às redes de informática. Por intermédio de **modems** (dispositivos de modulação-demodulação), o fluxo de **bits** digitais proveniente do terminal é convertido em sinais de frequência vocal, que são transmitidos pela linha telefônica nor-

mal, depois convertidas em saídas digitais, na estação receptora.

Esta fórmula é suficiente, de um modo geral, para atender às necessidades de ligação de redes limitadas, que funcionam, sobretudo, dentro de uma zona geográfica restrita. De fato, sem as linhas telefônicas existentes, a evolução inicial de sistemas de tempo parcial e de processamento por grupos à distância teria sido retardada por vários anos.

Mas, à medida que as redes se desenvolvem, cobrindo regiões mais vastas, a tecnologia telefônica existente, embora conservando seu caráter de absoluta necessidade, torna-se cada vez mais insuficiente.

Há diferenças fundamentais entre as necessidades das redes de informática e as possibilidades dos sistemas telefônicos. A transmissão da voz mobiliza uma faixa muito larga. Para atender às condições de operação normais, de uma ligação, a capacidade de uma linha telefônica deveria ser de cerca de 1.800 **bits** por segundo, isto é, mais de dezesseis vezes a de um teleimpressor que funcionasse à velocidade de 10 caracteres por segundo. A distâncias curtas, em que o custo das linhas é baixo, essa subutilização não tem consequências graves, é mais que compensada pela flexibilidade e pela comodidade do sistema telefônico. Mas, no caso de ligações interurbanas, o sistema não é econômico. Esse problema foi solucionado pelos **multiplexores**

6. Dispositivos que permitem imprimir uma linha inteira, de cada vez. Os impressores de alta velocidade imprimem linhas com 120 a 160 caracteres, à razão de 100.000 linhas por hora. (N. do T.)

7. Contração da expressão **binary unit** ou **binary digit** (unidade binária ou dígito binário). (N. do T.)

de transmissões, cujo emprêgo se está generalizando.

Esses multiplexores dividem a capacidade das linhas de freqüência locais (quer se trate de divisão temporal quer de divisão de freqüências) em cerca de uma dúzia de vozes individuais, capazes, cada uma delas de servir um terminal distinto. Esses dispositivos ampliam consideravelmente o alcance de utilização econômica das terminais de baixa velocidade — até várias centenas de quilômetros.

O sistema telefônico possibilita transmissões contínuas em larguras de faixas fixas, e tolera interferências ocasionais ou erros de linha, mas a transmissão por rede se efetua sob forma de mensagens reservadas (cujo caso típico é o de uma "linha de dados"), que são emitidas a intervalos irregulares, e requerem velocidade de transmissão que variam de dez caracteres por segundo até várias centenas de caracteres por segundo; além disso, as redes toleram muito menos erros que os sistemas telefônicos.

Esses problemas, associados aos imperativos econômicos das transmissões, ultrapassando as possibilidades dos multiplexores, conduziram ao emprêgo de **concentradores** de transmissões.

Um concentrador é constituído por um pequeno computador, muito rápido, que tem, de um lado, uma centena de linhas de terminais muito lentas e, de outro lado, algumas linhas de alta velocidade. Essas linhas de alta velocidade, que requerem **modems**⁸ de capacidade superior e uma calibragem especial dos circuitos telefônicos, acham-se agora disponíveis, com uma capacidade de 2.400 bits

por segundo, que, em um futuro próximo, deveria atingir de 4.800 a 9.600 bits por segundo. Normalmente, as linhas de alta velocidade são linhas terrestres especiais, mas, no caso do tráfego intercontinental, recorre-se a ligações por satélites. Para as entradas de baixa velocidade, o concentrador analisa os caracteres provenientes de cada linha e reúne a mensagem completa, definida por uma convenção de fim de mensagem — que pode ser a tecla de retorno do carro, de um teclado do teleimpressor —, depois coloca a mensagem em uma fila de espera de saída, após haver-se adicionado certas informações complementares, especialmente a origem da mensagem, e dados de controle baseados no conteúdo da referida mensagem.

A parte de saída a alta velocidade seleciona uma linha disponível e transmite sucessivamente as mensagens colocadas na fila de espera. Na outra extremidade, as mensagens que chegam pelas linhas de alta velocidade são imediatamente conferidas. Se não contém erro, uma confirmação é enviada de volta, e a mensagem é liberada da fila de saída do concentrador fonte. Em caso de detecção de erro, é solicitado ao concentrador uma retransmissão da mensagem.

As redes mais importantes, atualmente existentes, utilizam vários concentradores periféricos, que servem, cada um deles, os terminais de uma determinada região, por intermédio de linhas locais multiplexadas ou individuais. Os concentradores periféricos

8. **Modem**: contração de "modulador-demodulador" (**modulator-demodulator**); dispositivo para converter uma forma de sinal em outra, a fim de assegurar a compatibilidade de equipamentos.

dependem de um ou dois concentradores centrais, que, por sua vez, estabelecem a conexão com a instalação central de processamento.

Em outras palavras: quando a distância e o volume do tráfego justificam o investimento em um equipamento suplementar, a utilização do concentrador oferece numerosas vantagens sobre a multiplexagem. Os erros de transmissão são nitidamente menos numerosos, e a continuidade do serviço é melhorada, de vez que, se uma das linhas de alta velocidade se encontrar temporariamente fora de serviço, o tráfego será encaminhado automaticamente pelas outras linhas. A técnica de concentração das linhas, denominadas "de armazenamento e de emissão", logra, ademais, um aumento do rendimento das linhas de longa distância, pois estas somente veiculam o tráfego ativo. As pausas dos usuários nos terminais e os períodos de inação entre as saídas reais do computador são absorvidas pelas linhas de baixa velocidade do concentrador. Observa-se, geralmente, que o fluxo do tráfego efetivo nos terminais lentos atinge uma média inferior à metade da velocidade **optima** real.

Assim, pois, a tecnologia atual das transmissões permite a uma rede de informática servir, em bases econômicas, uma zona de uma extensão quase arbitrária. De um modo geral, para os terminais lentos, que funcionam a uma distância razoável e com um volume de tráfego suficiente, a multiplexagem reduz à metade os custos das comunicações a longa distância em linha única, e a combinação multiplexor-concentrador deveria reduzir esses custos à sua quarta parte.

OS CENTROS DE PROCESSAMENTO

O terceiro subconjunto funcional de uma rede de informática é constituído por um computador central que processa as informações e comanda a atividade da rede. Utilizamos atualmente, como unidades centrais, sistemas de capacidade média, com velocidade da ordem de cem mil a dez milhões de instruções por segundo, ciclos de memória da ordem de um micro-segundo ou menos, e capacidade de memória da ordem de cem mil a um milhão de **octets**, sendo que essa capacidade é geralmente aumentada por uma extensão de memória de velocidade relativamente elevada — memória de massa, tambor ou memória a disco com cabeçote fixo, com capacidade compreendida entre um e dez milhões de **octets**. Esses sistemas dispõem, ademais, de diversas unidades periféricas: consoles, unidades de fita e, menos frequentemente, leitoras de cartões, impressoras lineares etc.

Com exceção dos cadastros, de que trataremos mais adiante, as redes de informática se distinguem dos sistemas convencionais de processamento local diferido ⁹ muito mais pelo **software** ¹⁰ que pelo **hardware**. ¹¹

O **software** central comporta quatro elementos principais:

1) o sistema monitor, que controla a segurança e a acessibilidade da rede e de seus recursos, e que programa e supervisiona todas as tarefas do sistema central;

9. Chama-se "processamento diferido" ao sistema de teleprocessamento com respostas não-imediatas, isto é, adiadas, diferidas. (N. do T.)

10. Programas. (N. do T.)

11. Equipamento. (N. do T.)

2) diversos compiladores, que traduzem os programas elaborados pelo usuário em linguagem de máquina; ¹²

3) diversos programas de edição, que auxiliam o usuário na constituição, na modificação, no armazenamento e na mostragem seletiva dos cadastros de programas e de dados;

4) uma biblioteca de programas e de subprogramas **standard** acessíveis aos usuários e que lhes permite enriquecer os programas que elaboram no momento.

Um sistema vasto pode servir mais de cem usuários ativos, cada um dos quais se encontre em uma fase de realização parcial de suas tarefas e deseje utilizar certos recursos do sistema. Os próprios usuários têm, cada um deles, necessidades muito diferentes, no que se refere à linguagem de programação, à edição de cadastros e à mostragem. Não é surpreendente que um sistema com finalidade comercial tenha grande necessidade de **software**. Estima-se que o **software** central de uma rede-tipo pode comportar de cem mil a um milhão de instruções codificadas. Se nos basearmos nas normas atuais de rendimento de um programador, é necessário dispor de 50 a 500 anos de trabalho para obter uma programação completa, documentada, verificada e utilizável comercialmente. Existem, hoje, diferenças fundamentais entre os recursos e os métodos de operação dos diversos sistemas. Em uma extremidade, encontramos os sistemas de tempo parcial, que, em geral, funcionam exclusivamente com terminais lentos, e oferecem os usuários um acesso contínuo e simultâneo, o que implica necessariamente uma grande limitação da capacidade-memória, só

podendo dispor o programa de cada usuário, de 8.000 a 16.000 palavras, e impõe a todos os usuários ativos um fracionamento do tempo da unidade de processamento em **quanta** relativamente reduzidos. Em consequência, cada usuário tem a impressão de dispor total e permanentemente de um sistema virtual mais lento e de menor capacidade que o sistema real. Esse método de operação convém particularmente a uma categoria — bastante vasta — de tarefas que implicam interações entre um ou vários usuários, seus programas e seus cadastros.

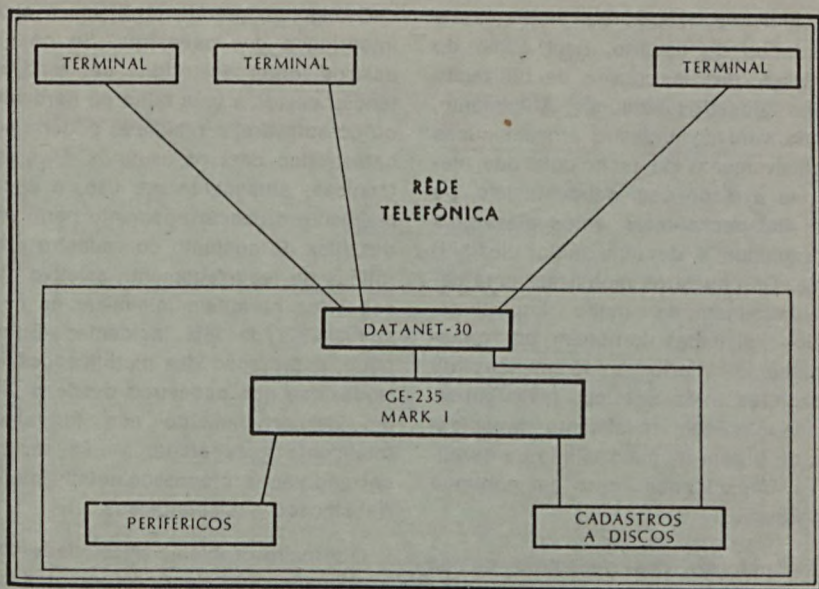
Na outra extremidade, encontram-se sistemas de processamento diferido à distância, que, em geral, funcionam exclusivamente com terminais muito rápidos e dão aos usuários acesso a todos os recursos da unidade central, segundo o princípio de “quem primeiro chegar, primeiro será servido”, princípio que pode ser modificado por um processo de prioridades. Esses sistemas são bastante apropriados ao processamento convencional, não implicam diálogo com o usuário e toleram tempos de resposta que vão de algumas horas até um dia inteiro.

Alguns sistemas, que aliam as vantagens dos dois tipos precedentes, começam a aparecer no mercado. Eles serão objeto, ulteriormente, de um exame pormenorizado.

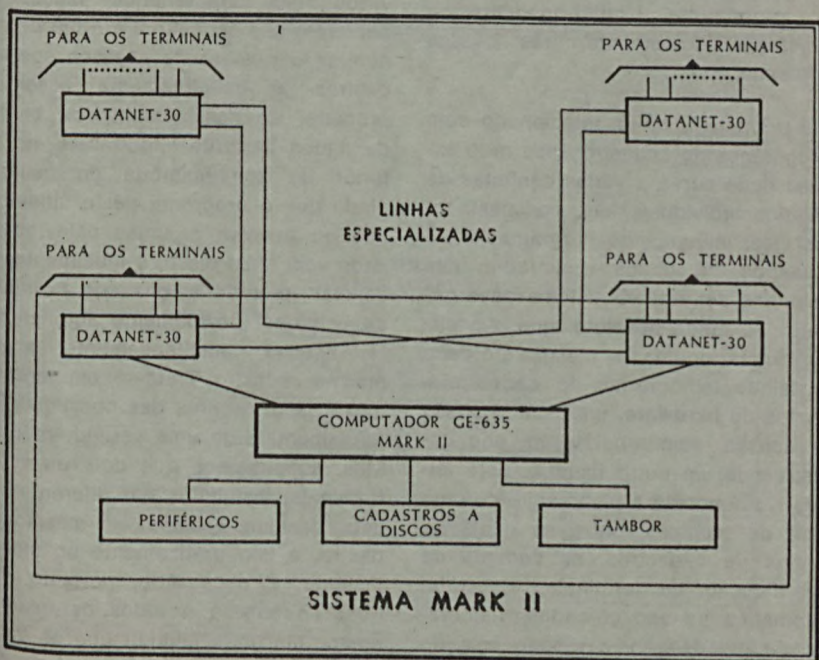
AS UNIDADES DE ARMAZENAMENTO

O último subconjunto funcional de uma rede de informática é o cadastro, que permite o armazenamento perma-

12. Chama-se “linguagem de máquina” o código utilizado para preparar as instruções para um computador (N. do T.)



ESQUEMA 1



ESQUEMA 2

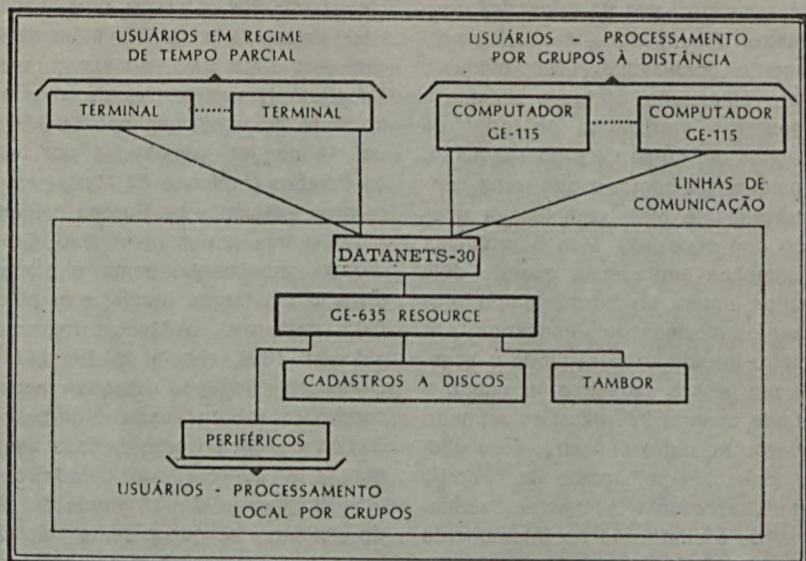
nente dos cadastros de programas e de dados do usuário, bem como do **software**, das instruções de utilização e dos cadastros-catálogos. Atualmente, o **hardware** de cadastro provém quase exclusivamente da tecnologia das memórias a disco com cabeçote fixo, ou dos **disk-packs** mais lentos mas mais econômicos e de uma maior flexibilidade. Os cadastros mobilizam uma capacidade-memória muito importante. Poucos sistemas fornecem um armazenamento inferior a 10 milhões de caracteres e os sistemas mais importantes oferecem atualmente capacidades da ordem de meio bilhão de caracteres, capacidades essas em contínua progressão.

A operação dos cadastros coloca problemas que se encontram entre os mais complexos do **software** das redes de informática. Limitar-nos-emos a mencionar, brevemente, três desses problemas.

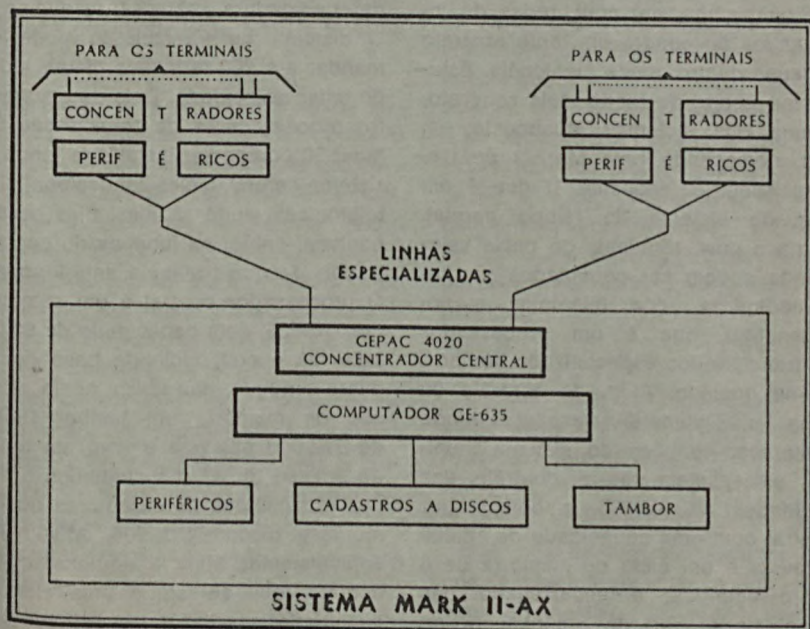
O primeiro acha-se relacionado com a segurança do cadastro. Uma rede extensa pode servir a várias centenas de usuários individuais, que possuam, todos eles, milhares de programas e de cadastros de dados registrados nas memórias centrais. O sistema deve garantir, de modo absoluto, que, em circunstância alguma — mesmo em caso de falhas temporárias de certos elementos do **hardware**, um usuário possa ter acesso, sem autorização, aos cadastros de um outro usuário. Este imperativo conduziu à elaboração de uma série de técnicas, entre as quais as senhas de cadastros, os códigos de identificação de terminais, a escrita automática no espaço-cadastro liberado por um usuário, a redundância do **software** e do **hardware** etc.

O segundo grande problema é o da integridade dos cadastros. Se os cadastros forem destruídos por inadvertência, devido a uma falha do **hardware** ou do **software**, o resultado poderia ser catastrófico para os usuários. Diversas técnicas, atualmente em uso, e especialmente o descarregamento periódico das fitas do conjunto do cadastro e as rotinas de recarregamento seletivo dos cadastros permitem minimizar as consequências de tais incidentes. Entretanto, a proteção das modificações introduzidas nos cadastros desde o último descarregamento não foi ainda totalmente assegurada, a não ser recorrendo-se a processos relativamente trabalhosos e dispendiosos.

O terceiro problema relacionado com a complexidade de operação dos cadastros é o do acesso múltiplo. Em virtude das características físicas do **hardware** dos cadastros, e a fim de minimizar o número de acessos aos cadastros, é absolutamente essencial proceder ao deslocamento de blocos de dados bastante importantes, no interior da zona-memória do usuário, ainda que o programa dêste último só leia ou escreva algumas palavras de cada vez. Além disso, é igualmente essencial permitir a diversos terminais de usuários (devidamente autorizados) ter acesso, simultaneamente, a um mesmo cadastro. Trata-se, em verdade, neste caso, de uma das possibilidades fundamentais de uma verdadeira rede. Mas, suponhamos que dois ou vários terminais, instalados em diferentes locais, desejem escrever no mesmo cadastro, e isto praticamente no mesmo instante. É necessário, portanto, bloquear o acesso a todos os usuários menos um, para impedir que os dados recentemente modificados sejam des-



ESQUEMA 3



ESQUEMA 4

truídos no momento da reinscrição, no cadastro, de um bloco de dados parcialmente atualizados. Esse bloqueio ou aferrolhamento, obriga o sistema a assegurar a verificação de todos os cadastros em curso de processamento, a qualquer momento, o que torna consideravelmente mais complexa a operação dos cadastros. Mas o problema se complica ainda mais quando dois usuários tentam, ao mesmo tempo, processar os mesmos dois cadastros, e o primeiro interditou ao segundo o acesso a um desses cadastros, enquanto o segundo usuário interditou ao primeiro o acesso ao outro cadastro. Esse dilema, conhecido pelo nome de "abraço mortal", apresenta numerosas variantes sutis, e ainda não foi inteiramente solucionado.

OS SISTEMAS EM USO

Examinamos, até aqui, rêdes de informática no quadro um tanto abstrato de suas quatro zonas funcionais. Estudemos agora, de modo mais concreto, alguns dos sistemas atualmente em uso, começando pelo Mark I da General Electric (esquema 1) que é um pequeno sistema de tempo parcial. Trinta e nove terminais de baixa velocidade podem ser conectados por intermédio da rede telefônica a um Datanet-30, que é um processador de transmissões especializado, de programa gravado. Além do controle da linha o Datanet-30 executa ainda numerosas funções do sistema monitor, e especialmente o controle das atividades. O GE-235, o computador central com uma capacidade de 16.000 palavras e um ciclo de memória de 6 micro-segundos, é encarregado das principais tarefas de compilação, de execução e de edição, e o cadastro de

discos GE-204 oferece uma capacidade de memória de 28 milhões de caracteres. O Mark I é, atualmente, o sistema em tempo parcial de uso mais corrente. Pusemos em uso 36 Mark I em 14 centros espalhados por todos os Estados Unidos, e 22 Mark I em 18 centros instalados na Europa ocidental e em outras partes do mundo. Considerado, geralmente, como o primeiro sistema em tempo parcial que obteve êxito comercial, o Mark I foi produzido em 1964, com a colaboração do Darmouth College. Nessas mesmas condições foi elaborada a linguagem Básica de John Kemeny. Essa linguagem é atualmente considerada como uma linguagem de programação fácil de ensinar, mas que permite, não obstante, processar problemas complexos.

A segunda rede que examinaremos é um sistema de tempo parcial de grande envergadura, o Mark II (esquema 2). O sistema de transmissão pode comandar até 200 terminais distanciados, de baixa velocidade. Dois de seus quatro processadores de transmissão Datanet-30 podem ser instalados longe do sistema central, a eles ligados por linhas telefônicas muito rápidas. Eles desempenham, então, as funções do concentrador, de que tratamos anteriormente. O processador central é um computador GE-635, com capacidade de 96.000 palavras e com ciclo de base de um micro-segundo, que utiliza como extensão de memória um tambor Univac de 783.000 palavras e com um tempo de acesso de 17 mili-segundos e com até 100 milhões de caracteres de memória a disco DSU 204. Atualmente, sete sistemas Mark II equipam quatro centros, que servem a uma clientela espalhada por todos os Estados Unidos.

O sistema **GE Resource** (esquema 3) utiliza, como o Mark II o **hardware** 635, mas acha-se equipado com um sistema de transmissões com dois ramais, que controlam, de um lado, terminais lentos de teclado e, de outro, impressoras lineares e leitoras de cartões muito rápidas. Um sistema monitor especial, o Gecos III, comanda simultaneamente, unidades periféricas locais, bem como os terminais distanciados, lentos ou rápidos. Os usuários podem passar programas de diálogo, no sistema de tempo parcial, e por grupos de tarefas, no sistema de processamento diferido. Uma multiprogramação integral permite ao sistema alternar o processamento de um grande número de tarefas em tempo parcial e tarefas por grupos, a fim de reduzir o tempo de processamento dos trabalhos menores, e explorar ao máximo os recursos do sistema. Já temos um sistema Resource em utilização comercial e já estão previstos outros.

O esquema 4 representa nosso sistema mais recente, o Mark II-AX. Salvo no que se refere às transmissões, esse sistema difere muito pouco do Mark II, quase que apenas no fato de que o sistema-cadastro, de 200 milhões de caracteres, compreende discos com cabeçote fixo muito mais rápidos. Em compensação, o sistema de transmissão foi inteiramente modificado. O concentrador central é um computador de condução de processamento de tipo Gepac 4020, de 16.000 palavras e com um ciclo base de 1,6 micro-segundo. Está conectado ao 635 por um canal de conexão de memória e comanda todo o tráfego de transmissão do sistema. O concentrador central comanda oito concentradores periféricos, cada

um por meio de uma linha telefônica de 2.400 bits por segundo.

Os concentradores periféricos, que são computadores de comunicação especialmente modificados, com memórias de 8.000 palavras com ciclos de base de 0,9 micro-segundos, podem comandar, cada um deles, até 48 terminais com velocidades de linha que podem atingir a 30 caracteres por segundo. Os concentradores distantes são alimentados, comandados e testados pelo concentrador central, e podem funcionar de modo totalmente autônomo.

Instalamos o primeiro Mark II-AX em agosto último, ¹³ em Cleveland, com os concentradores terminais instalados em seis cidades do país. Graças à utilização complementar de multiplexores, para a divisão das frequências, esse sistema serve, praticamente, todas as aglomerações importantes dos Estados Unidos. Além disso, um sétimo concentrador afastado, que ligará, por satélite, os usuários britânicos à rede, já se encontra em Londres e está sendo submetido aos últimos testes. Uma ligação análoga, por satélite, em Paris, está em estudo. Prevemos a instalação de um certo número desses sistemas no decorrer deste ano¹⁴ e do ano próximo.

APLICAÇÕES

Se bem que esta explanação tenha como tema central a tecnologia das redes de informática, gostaríamos de assinalar os tipos de **aplicações** atualmente em prática, nesses sistemas.

Em primeiro lugar, **os estudos técnicos (engineering)**: solução dos problemas de análise de redes elétricas,

análise dos processos químicos, análise e concepção das estruturas, análises hidráulicas, concepção de máquinas e geometria coordenada. Conforme já observamos, são, estes, alguns exemplos das possibilidades oferecidas ao usuário para elevar sua produtividade, graças à rapidez das respostas e à continuidade do diálogo obtido com uma rede de informática.

Em segundo lugar, os **estatísticos** utilizam-se de assistência prestada por esses serviços para a criação e a interpretação de dados experimentais, elaboração de técnicas de estatística **standard**, tais como a regressão, a análise dos fatores e a análise das variantes na simulação Monte-Carlo do comportamento estatístico dos modelos operacionais, bem como para tarefas tão terra-à-terra como a coleta dos dados, o armazenamento, a edição, a tabulação e a mostragem gráfica.

Em terceiro lugar, a **planificação e o controle dos recursos**: utilização da programação linear e das técnicas de transferência e de distribuição associadas, e mais particularmente exploração de possibilidades tais como a edição **on line** e a passagem de pequenos ensaios programados, em forma de diálogo rápido, seguido pelo desenrolar de programas mais importantes no mesmo sistema, mas com execução diferida por grupos.

Em quarto lugar, a **previsão e a planificação de empresas**: **marketing**, previsões econômicas, análise dos riscos, análise do caminho crítico, simulação de projetos e elaboração de modelos gerais. O sistema constitui um laboratório aberto ao diálogo, no qual novas idéias podem ser elaboradas e testadas rapidamente, com a participação e

as contribuições simultâneas de numerosas pessoas.

Em quinto lugar, a **planificação da fabricação, o controle de produção e de qualidade**: programação do controle numérico, estimativa das cargas dos equipamentos, da produção e dos preços de custo, elaboração de gráficos de controle de qualidade, análise dos limites do controle e determinação das dimensões das amostras.

Em sexto lugar, a **análise financeira**: custos de produção, investimentos, **cash flow**, orçamento e análise das depreciações e das amortizações.

Evidentemente, os sistemas de redes internacionais que estamos implantando tornarão possível uma gama de aplicações inteiramente novas. Algumas dessas aplicações, como, por exemplo, o registro das encomendas, o controle dos estoques e a computação da produção em organizações com várias unidades de produção podem ser previstos para um futuro muito próximo.

TENDÊNCIAS FUTURAS

Isto nos conduz ao último tema desta explanação: as tendências futuras da tecnologia das redes. No que se refere aos **terminais**, há dois setores nos quais prevemos desenvolvimentos particularmente interessantes, para os próximos anos. Primeiro, o campo dos pequenos terminais econômicos. O exemplo mais significativo é o próprio combinado telefônico, com teclado em lugar do disco e uma resposta por síntese vocal, na saída. A despeito das limitações evidentes que apresentam, esses aparelhos dão resultados satisfatórios em matéria de entrada de dados e de consulta; além disso, custam

quase duas vezes menos que os teleimpressores mais baratos. Terminais muito econômicos oferecem um atrativo especial, na medida em que permitem ao consumidor utilizar os serviços do computador. Muitos são os que antevêm como possível um setor importante de serviços individuais, sem falar nas prestigiosas máquinas de somar, para auxiliar as donas de casa a fazer suas contas e as crianças a resolver seus problemas de aritmética. Imaginem, por exemplo, um serviço de cadastros tipo "SVP", que, conforme a estrutura de suas perguntas, os ajudasse a encontrar um apartamento, um bom negócio, um emprego, um restaurante interessante ou um local agradável onde passar as próximas férias. Imagine um serviço de ensino a domicílio, com uma vasta gama de cursos especialmente programados com perguntas e respostas, destinados aos adultos, e uma série completa de exercícios para os estudantes, transformando os deveres em uma atividade muito mais rendosa, adaptada ao ritmo, às capacidades e às necessidades particulares de cada aluno. O segundo campo de desenvolvimento dos terminais é o da arte gráfica. Prevemos a aparição de um certo número de dispositivos, entre os quais:

- **terminais de composição fotográfica**, que utilizarão a rede para obter e editar um texto; ademais, que produzirão uma matriz inteiramente marginada em quaisquer tipos de caracteres, com diferentes talhes, em negrito e em itálico...

- **consolos de visualização gráfica**, que terão uma lógica¹⁵ e uma memória suficientes para gerar segmentos, arcos e outros elementos gráficos, sob o controle de subprogramas registra-

dos no sistema central, e possibilitando gerar figuras complexas;

- **impressoras de transmissão direta de imagens**, utilizando as técnicas xerográficas e eletrostáticas, que lerão, bit por bit, a imagem mostrada em uma tela catódica, a fim de imprimir, segundo seja pedido, um documento para uma decisão de grau elevado.

Nenhuma dessas possibilidades é nova, mas atualmente esses terminais gráficos são muito dispendiosos e de oferta limitada. Dentro de alguns anos, serão moeda corrente, e pouco mais caros que os teleimpressores atuais.

No campo das transmissões, creio que a inovação mais espetacular será a integração de sistemas locais e regionais com redes de computadores múltiplos, graças aos quais o terminal do usuário, em qualquer ponto da rede, poderá ter acesso a qualquer dos computadores dessa rede, e, de um modo mais geral, um programa, passando por qualquer computador da rede, poderá ter acesso a cadastros ou criar novos programas em qualquer outro computador. Graças à utilização combinada de ligações via satélite e de linhas terrestres, bem como à criação de centros de troca de dados, essas super-redes cobrirão primeiro os Estados Unidos, depois a Europa ocidental e por fim uma grande parte do mundo.

Essas redes proporcionarão progressos espetaculares nas atividades logísticas em grande escala — remessa, controle de balanços comerciais, intercâmbio de informações técnicas etc. Na medida em que as estruturas dessas redes forem universais, será

15. Dispositivo eletrônico que determina quais as instruções que um computador pode executar. (N. do T.)

possível, pela primeira vez, desenvolver aplicações de teleprocessamento de modo **progressivo**, fundado no princípio de tentativas, e experimentar, economicamente, idéias novas.

As redes intercontinentais dêsse tipo podem parecer-nos remotas, hoje em dia. De fato, temos a impressão de que a maior parte das importantes aplicações do futuro são absolutamente imprevisíveis e que mesmo as aplicações logísticas, que parecem ser evidentes, levarão muitos anos para se desenvolver e para serem utilizadas. Mas não devemos esquecer que o impacto da divisão das cargas por várias zonas horárias deve compensar de modo significativo o aumento do custo das comunicações, ainda que a rede seja utilizada para serviços locais. A interconexão se torna quase um subproduto. Isto nos torna muito otimistas quanto à realização dessas super-redes.

No que diz respeito ao **processamento central**, prevemos três tendências principais. Primeiro, pode-se prever, sem errar, que a capacidade do sistema central aumentará consideravelmente. Uma das condições essenciais para a flexibilidade das redes universais é a de que nenhuma aplicação deve requerer mais que uma pequena fração da capacidade da rede. Em consequência, o aumento da envergadura das redes requer um acréscimo substancial do rendimento da unidade central. As redes universais de grande envergadura, atualmente existentes, têm um limite máximo de cerca de 100 utilizadores ativos. Essa cifra deveria, cremos, mais que duplicar, nos próximos anos.

Em segundo lugar, a disponibilidade e a confiabilidade da estação cen-

tral serão objeto de uma atenção toda especial. Hoje, poucos sistemas comerciais de uso universal atingem um nível de disponibilidade global que ultrapasse 97% ou 98%, e o tempo médio que decorre entre duas interrupções de uma certa duração não é, certamente, superior a 6 ou 8 horas. Numerosas aplicações importantes exigirão uma disponibilidade da ordem de 99,9% ou interrupções acumuladas inferiores a oito horas por dia, e um tempo médio entre as interrupções medido em dias. Essas exigências serão muito provavelmente satisfeitas graças a sistemas centrais modulares, constituídos a partir de conjuntos de computadores múltiplos de acoplagem livre, capazes de configurações dinâmicas, bloqueando automaticamente os componentes provisoriamente não utilizáveis, o que acarretará um decréscimo da capacidade, mas garantirá um serviço permanente e uniforme.

Em terceiro lugar, cremos que os futuros sistemas monitores terão uma envergadura suficiente para suprimir totalmente a distinção entre o tempo parcial e o processamento por grupos à distância. Essas modalidades de operação serão apenas dois elementos de um **continuum** de recursos e de prioridades e o usuário poderá fazer o levantamento prévio da combinação de resposta-capacidade-memória-velocidade de terminal etc. que mais se adapte a suas necessidades e a seu orçamento.

No domínio do armazenamento, como no processamento central, a capacidade e a confiabilidade realizarão progressos consideráveis. As necessidades de capacidade referentes às memórias a disco atingirão provavelmente

te — para as grandes rêdes — 10^9 octets, pelo menos, e mesmo 10^{10} octets. Para permitir os recarregamentos de cadastros e satisfazer os outros imperativos relacionados com volumes importantes para uma baixa frequência de acesso, êsses sistemas necessitarão das memórias de armazenamento lentas, de capacidade dez vezes superior à das memórias anteriores. Êsses sistemas terão uma confiabilidade elevada, graças à conservação seletiva dos cadastros e à atualização das informações, bem como a um dispositivo de retomada e de reinício automático, que recolocará os cadastros em seu estado anterior correto, em caso de êrro ou de contaminação acidental pelos próprios programas dos usuários.

Essas melhorias, associadas à criação de estações centrais de computadores múltiplos, sòmente poderão ser obtidas através de uma modificação fundamental da relação entre as unidades de processamento e o sistema de cadastros. O contròle do acesso ao cadastro e a determinação das posições dêste último não mais serão confiadas ao sistema central, mas a processadores de cadastros, sistemas autônomos inteiramente responsáveis pela operação dos cadastros, e que

funcionarão, em verdade, como supervisores, exercendo uma autoridade absoluta sôbre o processamento dos pedidos de constituição, ou de destruição de cadastros, e o dos pedidos de leitura e de escrita nos cadastros existentes, pedidos emitidos pelos diferentes computadores de uma estação central complexa.

A maior parte dessas modificações sobrevirá muito rapidamente. A tecnologia de base já foi, praticamente, adquirida, e vários dêsses desenvolvimentos já atingiram o estágio dos testes operacionais. Dentro de cinco anos, veremos rêdes de informática intercontinentais, que terão atingido a maturidade, servindo a dezenas de milhares de usuários, que se comunicarão entre si. Essas rêdes caracterizar-se-ão pela amplidão de seus serviços, por uma confiabilidade **ótima** e por um custo altamente competitivo. Disto resultará, para as indústrias da informática e das transmissões, uma avalanche impressionante de aplicações, de possibilidade e de produtos inteiramente novos, com inumeráveis mercados, bem como uma modificação irreversível das características do processamento e das transmissões convencionais. E isto será apenas o começo.

