



Fundación Príncipe Claus para la
Cultura y el Desarrollo

**INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL
INSTITUTE FOR TROPICAL ARCHITECTURE**

**FUNDACION PRINCIPE CLAUS PARA LA CULTURA Y EL DESARROLLO
PRINCE CLAUS FUND FOR CULTURE & DEVELOPMENT**

**MAN & CLIMATE – ARE WE LOOSING OUR
CLIMATE ADAPTATION?**

**HOMBRE Y CLIMA- ESTAMOS PERDIENDO
NUESTRA ADAPTACIÓN AL CLIMA?**

Friedrich Wilhelm Grimme

Michael Laar

Christopher Moore

Institute for Technologies in the Tropics

ALEMANIA

Resumen Abstract

La desviación del Promedio de Control Térmico (escala ASHRAE) para locales en regiones cálidas y húmedas fue estudiado en una escuela con aire acondicionado, como parte de una investigación mayor. Varios autores y diversas publicaciones hacían presumir una típica aclimatización de los residentes en este clima. Los resultados fueron sorprendentes: el promedio de las desviaciones se acercaron a cero, con una pequeña diferencia entre géneros. La interrogante consistió entonces en porqué estos estudiantes en Río de Janeiro mostraron una sensación de bienestar semejante a los de climas templados. Un segundo análisis se llevó a cabo, basado en un cuestionario, que preguntaba a los participantes el promedio diario de estadía en espacios con aire acondicionado. El resultado fue un promedio diario de 23% sin aire acondicionado, lo que significa que por más de dos tercios del día los participantes permanecían en espacios climatizados. El efecto a largo plazo de esta desaclimatización significa un consumo energético superior al almacenado en el edificio en el futuro próximo.

As part of a bigger research project in the area of comfort due to natural ventilation in the hot and humid climate, the deviation from the Thermal Comfort Mean (on the ASHRAE scale) for locals in the hot-humids was checked for a school with air-conditioning. Due to various publications by different authors a clear deviation was expected, presuming the typical acclimatization of residents in this climate. The results were quite surprising: the average of all deviations came close to zero, with a very slight difference between male and female students. The question was now, why this group of students in Rio de Janeiro show a comfort sensation like that of people in temperate climates. Therefore a second analysis was carried out, based on a questionnaire, which asked the participants for the average daily stay in air conditioned spaces. The result was an average of a daily 23% without air-conditioning, which means, that more than $\frac{3}{4}$ of the day these participants stayed in air-conditioned spaces. The long term effect of this de-acclimatization means a considerably higher energy consumption of the building stock in the near future.

1. Introducción

El consumo energético de los habitantes en países tropicales es generalmente mucho menor (ver tabla 1) que en climas templados (ver Fig. 1, 2). Una de las razones es obvia: sobrevivir sin energía es posible en el trópico -(sin bienestra!)- hasta una temperatura de piel de 35° C. Bajo condiciones de humedad el bienestar por altas temperaturas puede ser mejorado por ventilación o velocidad del viento ($0 < v < 3.5$ m/s). Sólo los ricos o edificios de oficinas cuentan, - si la energía llega- con la posibilidad de usar aire acondicionado para mejorar el bienestar (bajar la temperatura y la humedad relativa y aumentar la productividad). Para oficinas con aire acondicionado los norteamericanos postularon (terrible) 19° C como temperatura ambiental para el verano. En territorios asiáticos podemos apreciar esto en oficinas con estándares americanos y europeos, mientras la gente local, trabaja y vive en edificios con una eficiencia considerada buena de 28°C.

1. Introduction

The energy consumption of inhabitants in tropical countries is generally much lower (see table 1) than in temperate climates (see Fig. 1, 2). One of the reasons is obvious: to survive energy is not necessarily important in the tropics – living (without comfort!) - up to a skin temperature of 35 C. Under humid conditions the comfort by high temperatures can be improved by ventilation or wind speed ($0 < v < 3.5$ m/s). Only rich people or office workers have – if power is there - the possibility to use air-con for comfort improvements (to lower the temperature, the relative humidity and increase in offices the productivity). For air-con offices the North Americans postulate (horrible) 19°C room temperature in summer times. In the Asian territories one can see this in case where in offices the temperature is especially realised for North Americans and Europeans, while in buildings the local people live and work with a good efficiency > 28 C.

2. Comparación Río de Janeiro/Colonia

Río de Janeiro (22° Sur): las condiciones del clima natural son cálidas y húmedas, pero con el uso de técnicas pasivas para resolver los problemas de confort, sólo el 3% del año no necesita aire acondicionado; las otras medidas para mejorar el bienestar se pueden obtener : 61% por ventilación, 15% por masa térmica y calentamiento solar y 20% de todas las condiciones externas perfectas sin medidas adicionales (Lamberts, 1997). Esto se puede confirmar en la mayoría de edificios antiguos, confortables en verano, sólo con el uso de la ventilación. Gracias al incremento del ruido del tráfico y el desarrollo inmobiliario denso, el bienestar por ventilación no es ahora posible en muchos lugares. El aire acondicionado se instaló para conquistar el mundo cálido húmedo, si el presupuesto permite invertir disriamente en su uso cotidiano. Sin embargo, sólo un porcentaje insignificante de los usuarios de apartamentos pueden gastar dinero para el aire acondicionado (p. e. en Brasil 8% de los departamentos están climatizados). Oficinas y otros lugares de trabajo tienen aire acondicionado para mejorar el bienestar y el rendimiento. En Tabla 1. los efectos del consumo se muestran para Río de Janeiro por la demnada de diversos grupos de usuarios. El consumo residencial esel menor -usado sólo para iluminación y aparatos eléctricos; el comercio es climatizado, computarizado, etc e iluminado- es el mediano, y la industria el mayor consumidor energético porque usa e-nergía para todaslas posibilidades de uso.

Tabla 1 . Consumo energético actual en diferentes tipos de edificios en río de Janeiro

2. One Comparison Rio de Janeiro/Cologne

Rio de Janeiro (22° South): The natural climate conditions are hot-humid, but using the passive techniques to solve the comfort problems, there is only 3 % of the year when air-con is needed; the other comfort improvement measures could be obtained : 61% by ventilation, 15% by thermal mass and solar heating and 20% of all the outdoor conditions are perfect without any additive measure (Lamberts, 1997). Thus as can be seen in former times most buildings are comfortable in summertime only through the use of ventilation. Thanks to strongly increased traffic noise and building density development, comfort by ventilation is no longer feasible in many places. So air-con set out to conquer the hot-humid world, if the budget is there for investment and daily use. However only a insignificant part of the apartment inhabitants can spent the money for air-con (e.g. in Brazil 8% of the flats are air conditioned). Offices and other workplaces have air-con for comfort improvements and good work results. In Tab. 1. the effect of energy consumption is shown for the City of Rio de Janeiro by the power demand of the different user groups. Residential consumption is – only use of power for light und electrical appliances - the smallest, commerce is with air-con, computer etc. and light, the middle, but industry uses the most energy in kWh/ m²*a for all possibilities of energy use.

Tab 1. The today energy consumption coupled on different buildings types in Rio de Janeiro

Buildings Edificios	% total building area ⁶ % àraea total edificio IPLANRIO	mean m2 ⁷ promedio m2 IPLANRIO	kWh/m2a luz / light
Residencial	66.92	74.9	54.13
Industrial	5.72	1253.3	519.46
Comercial	12.90	156.3	213.33

Rio de Janeiro - Temperature Fluctuation and Cumulative Curve over the Year

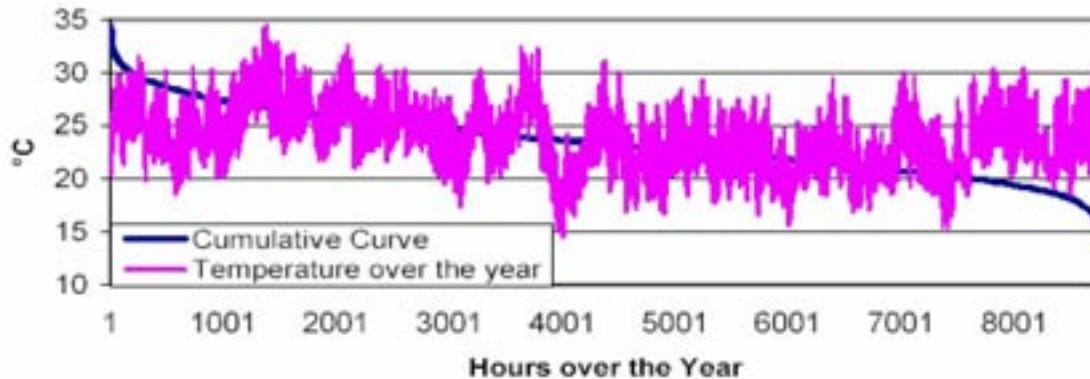


Fig. 4. Cumulative and fluctuation curve of the outdoor temperature in Rio de Janeiro (Data Meteororm (Meteotest)); 32 h > 32°C; 180 h > 30°C; 684 h > 28 °C; 1820 h > 26°C; 3608 h >24°C; 5819 h >22°C; 7626 h > 20°C

Río de Janeiro - Fluctuación temperatura y curva acumulativa por año

Colonia (51 Norte) aunque se ubica bajo la influencia de la corriente del golfo el clima es moderadamente frío.

La estación caliente empieza el 1^o de octubre y termina el 31 de marzo. Hace tiempo, (antes de los 60's), los alemanes vivían en sólo un espacio calefaccionado y a finales de los 70's empezaron a invertir en sistemas de calefacción central y a gastar dinero en energía. Comenzando 1970, con la primera crisis petrolera y un consumo promedio anual de 440 kWh/m² en calefacción, el ahorro energético fue legislado. En febrero del 2002 se realizó la última legislación a 40 kWh/m² de consumo anual (una reducción de 90 % en ~ 30 años). El valor promedio en edificios en el 2001 fue de ~ 190 kWh/m²a. Con mejor aislamiento en todos los componentes de una casa, disminuyó la necesidad energética para calefacción. El aislamiento aumentó de 4 cm en la actualidad a niveles modernos de ~ 15 cm, mientras que el valor U para ventanas disminuyó de ~ 3 a 1.1 W/m²*K.

Although Cologne (51 North) lies under the golf stream influence the climate is still that of moderate cool.

So the heating season starts 1st of October and ends 31st of March. In former times (up to the 60's) the German people lived in only one heated room and then at the end of the 70's they began investing in central heating systems and spent a little money for energy. Beginning, in 1970, with the 1st oil crisis and an average annual consumption for heating of 440 kWh/m², the energy saving legislative started. Down now with the latest legislation, which took effect in February 2002, to 40 kWh/m² annual consumption (a reduction of 90 % in ~ 30 years). The mean value over all buildings in 2001 was ~ 190 kWh/m²a. With a better insulation of all house components the energy amount decreases for heating. The insulation level has thus increased from a standard of 4 cm now to a modern level of ~ 15 cm, while the window U-Value came from ~ 3 down to 1.1 W/m²*K.

⁶ Residencial = 42% apartamentos, 23% casas, 12% bajo costo, 12% lotes, 11% otros; Industrial = todos los tipos; Commerce = 35% oficinas, 16% almacenamiento, depósitos, 13% escuelas, 9% hoteles, 9% hospitales, 5% estaciones de tráfico, 4% restaurantes, 4% bancos, 4% oficinas, 3% clubes, 1% estaciones de servicio 1% cines

Total area divided through numbers of flats/companies/

⁶ Residencial = 42% apartments, 23% houses, 12% low cost, 12% plots, 11% others; Industrial = all types; Commerce = 35% offices, 16% storages, depots, 13% schools, 9% hotels, 9% hospitals, 5% traffic stations, 4% restaurants, 4% banks, 4%offices, 3% clubs, 1% service stations, 1% cinemas .

Total area divided through numbers of flats/companies/

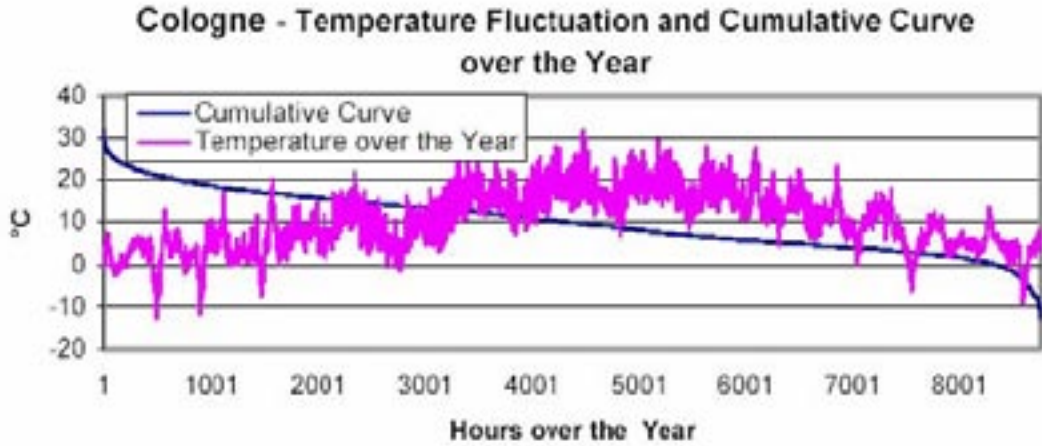


Fig. 5. Cumulative and fluctuation curve of the outdoor temperature in Cologne (Data Meteonorm (Meteotest); 15 h > 28 °C; 167 h > 24 °C; 688 h > 20 °C; 1990 h > 16 °C; 3590 h > 12°C; 5052 h > 8°C; 6937 h > 4; 8320 > 0°C

Colonia- Fluctuación Temperatura y curva acumulativa por año

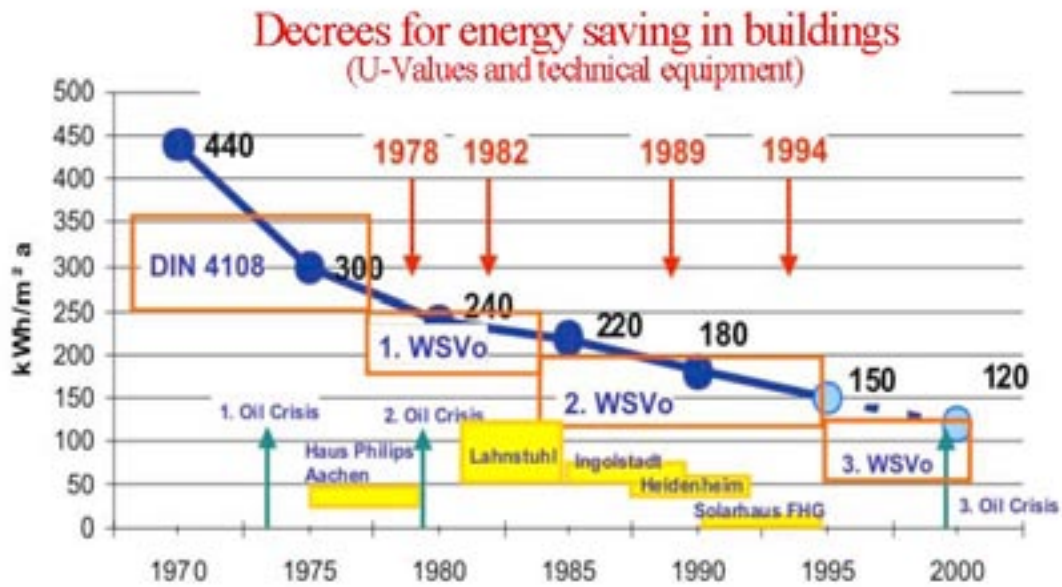


Fig. 4. Mean end energy (kWh/m²a) used for heating in Germany 1960 until 2000

Decrecimiento del ahorro energético en los Edificios

3. Sensación de bienestar en escuelas con air-acondicionado

Como parte de un proyecto mayor en el sector de bienestar por ventilación natural en los climas cálidos y húmedos (Grimme et al., 2002), la desviación del Voto Promedio de Predicción (PMV) para recintos en climas cálidos y húmedos, se verificó en una escuela con aire acondicionado. Se esperaba una clara desviación, debido a varias publicaciones de diferentes autores (Bravo, 2000, MacFarlane 1958, Nicol 2000), que presumían la típica aclimatización de los residentes en estos climas como pruebas en personas adaptadas (Grimme et al., 2002). La Figura 5 muestra 884 datos sobre un período de 39 días bajo las mismas condiciones climáticas. Un ejemplo de las condiciones internas se muestra en la Figura 6. Los resultados en los espacios de la escuela climatizada fueron sorprendentes: el promedio de todas las desviaciones fueron cercanas al cero con poca diferencia entre el género de los estudiantes. Si se computa el promedio total de desviación es de 0.05. La desviación puede considerarse insignificante según el Promedio de Confort Térmico (escala ASHRAE). Si dividimos los grupos encuestados en masculino y femenino, el promedio total para la desviación femenina fue de 0.1; para los masculinos de 0.05.

3. Comfort sensation in schools with air-conditioning

As part of a bigger research project in the area of comfort due to natural ventilation in the hot and humid climate (Grimme et al., 2002), the deviation from the Predicted Mean Vote (PMV) for locals in the hot-humids was checked for a school with air-conditioning. Due to various publications by different authors (Bravo, 2000, MacFarlane, 1958, Nicol, 2000) a clear deviation was expected, presuming the typical acclimatization of residents in this climate, as seen by tests on adapted persons (Grimme et al., 2002). Figure 5 shows all the 884 data over a period of up to 39 days under similar weather conditions. An example of the indoor conditions is given in figure 6. The results in the air-con school room were quite surprising: the average of all deviations came close to zero, with a very slight difference between male and female students. If one computes the average total deviation, this is only 0.05. The deviation from the Thermal Comfort Mean (on the ASHRAE scale) can be designated as insignificant. Now divide up one the group the probands in masculine and feminine on, those show as a average total deviation for the feminine probands a value of 0.1; for the group of the masculine a value results of -0.05 .

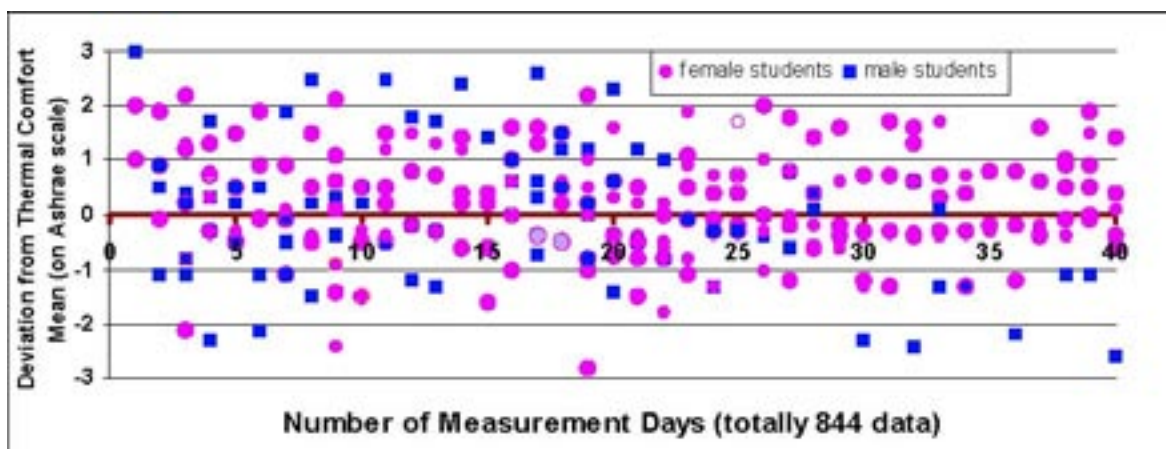


Fig. 5. Thermal Comfort-Deviation (on Ashrae Scale) over 18 female, 12 male probands in an air-con high school room for a period $>13 < 39$ days and 3 measures, total 844 data, under similar weather conditions.

Fig. 5. Desviación de Bienestar Térmico(escala Ashrae) en 18 mujeres y 12 hombres encuestados en escuela climatizada, en un período $>13 < 39$ días y 3 medidas, total 844 datos, bajo condiciones climáticas similares.

Air temp. Rel. humidity West wall East wall temp

Rel. Humidity %

°C

Fig. 6 Measured conditions for the 06/26/02 in the school room used by the probands

Fig. 6 Condiciones medidas en 06/26/02 en los espacios escolares usados por los encuestados

4. El aire acondicionado en el diario vivir y sus efectos en la adaptación al clima

La interrogante fue porqué este grupo de estudiantes en Río de Janeiro presenta una sensación de bienestar semejante a la de la gente de clima templado. Por lo tanto, se realizó un segundo análisis, basado en un cuestionario, el cual preguntaba a los participantes por el promedio diario de permanencia en espacios acondicionados. El resultado (ver Fig. fue un promedio diario de 23% diario de permanencia en espacios sin climatización, lo cual indica que más de 3/4 del día los encuestados permanecían en espacios climatizados. Sólo 5 de los 32 encuestados pasaban menos de 12 horas con aire acondicionado.

El efecto a largo plazo de esta desaclimatización significa un mayor consumo energético en el almacenamiento del edificio bajo las actuales circunstancias (disponibilidad, inversión, ganancias, costo de mantenimiento y uso). Sólo con soluciones inteligentes para los edificios (ver Fig. 8) y entrenamiento para usuarios adaptados al clima (tienen que vivir con temperaturas mayores), se puede solucionar un escenario energético tan horrible. Otro ejemplo puede ser un techo verde: el efecto no sólo es positivo para el microclima (evaporación, enfriamiento, retención de agua de lluvia, sombra en el techo), sino que además captaría polvo y protegería del ruido, así como ayudaría a una mayor duración del sellador del techo.

4. Air conditioning in daily life and its effect on the climate adaptation

The question was now, why this group of students in Rio de Janeiro show a comfort sensation like people in temperate climates. Therefore a second analysis was carried out, based on a questionnaire, which asked the participants for the average daily stay in air conditioned spaces. The result (see Fig. was an average of a daily 23% without air-conditioning, which means, that more than $\frac{3}{4}$ of the day these participants stayed in air-conditioned spaces. Only 5 of all 32 probands spend less than 12 hours with air-conditioning.

The long term effect of this de-acclimatization means considerably higher energy consumption in the present building stock under the present circumstances (availability, investment, income, cost of maintenance and use). Only with intelligent solutions for the buildings (see Fig. 8) and trained, respectively climate adapted users (they have to live with higher room temperature) can such a horrible energy scenario be overcome. Another example can be a green roof: the effect is not only positive in the microclimate (evaporation cooling, retention of rain water, roof shading), but also in dust catching and noise protection, as well helps for longer lifetime of the roof sealing.

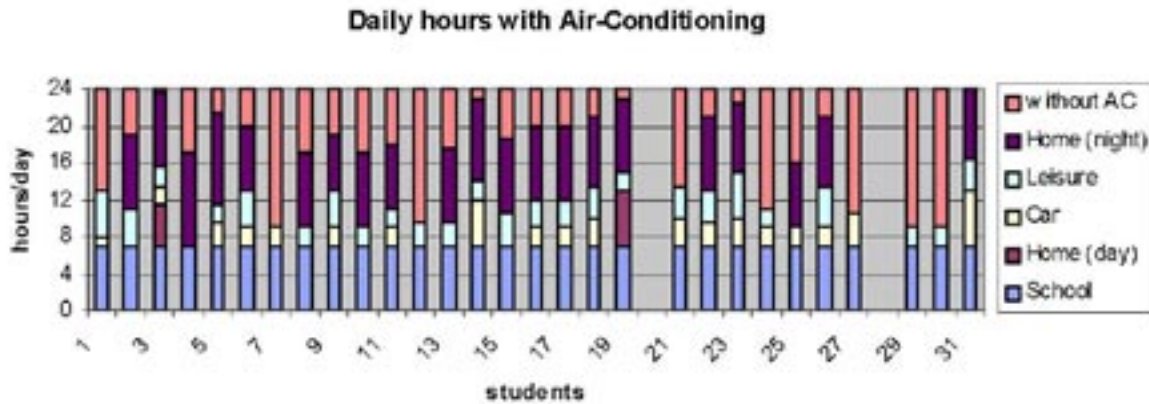


Fig. 7. Daily hours in air conditioned rooms – results from Rio de Janeiro

Fig. 7. Horas diarias en espacios acondicionados - resultados en Río de Janeiro

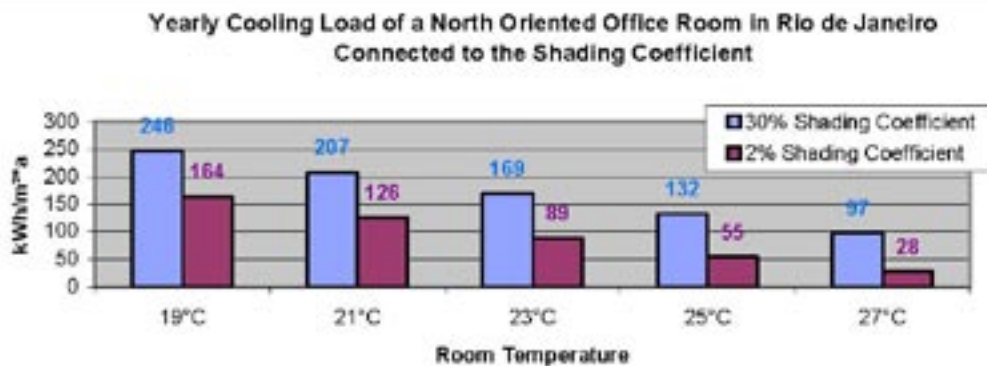


Fig. 8. Yearly cooling load of a north orientated office room in Rio de Janeiro – Influence of accepted maximum temperature and shading coefficient (Laar).

Fig. 8. Carga anual de enfriamiento de una oficina orientada al norte en Río de Janeiro - influencia de la temperatura máxima aceptada y coeficiente de sombra (Laar).

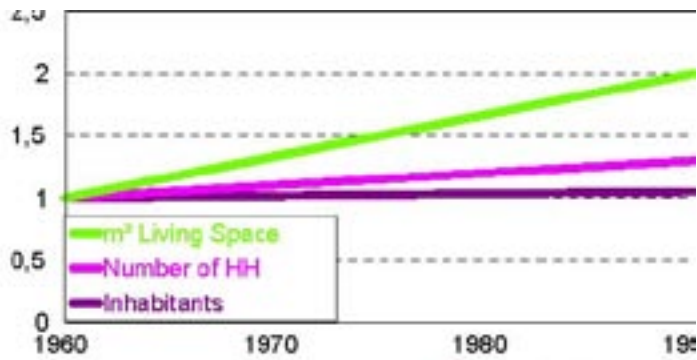
5. Mas riqueza - mas confort- mayor costo

5. More wealth – more comfort – more costs

Un incremento en los ingresos de la población es generalmente seguido de un aumento en la demanda de bienestar. En Alemania, como en la mayoría de los países de clima templado, el único espacio temperado fue la cocina o combinada con la sala. El resto de los aposentos no eran temperados a pesar del intenso frío invernal. Para calentar la cama, se usaba un ladrillo caliente o una botella de agua hirviendo que se metían dentro de la cama antes de ser usada. La calefacción central, que implica la calefacción de todos los aposentos, se introdujo a principios de los 60’s en el último siglo, sustituyendo gradualmente los hornos a carbón. Hoy >85% de los apartamentos está equipados con este sistema, el cual implica una demanda superior en energía por metro cuadrado. Sólo mejorando la eficiencia energética de los edificios se puede revertir esta tendencia. Sin embargo, en Alemania el

An increasing income in a population generally is followed by an increasing demand of comfort. In Germany, as in many other countries in temperate climate, the only heated room in most buildings was the kitchen or a combined living room. The rest of the rooms were not heated and therefore freezing cold in winter. To warm the bed, a hot stone or a hot-water bottle was put into the bed some time before its use. Central heating, which means the heating of all rooms, was only introduced in the early 60’s of the last century, gradually substituting the ovens fired with coal. Today >85% of all apartments are equipped with this system, which meant a sharp increase in the energy demand per square meter. Only improving the energy efficiency of the buildings could curb this tendency. However in Germany the yearly rate of new energy saving buildings is very low and the total energy saving

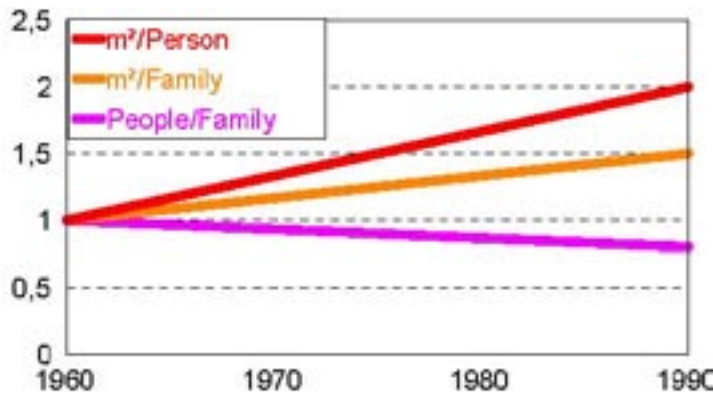
Characteristics for Room Heat Requirements I



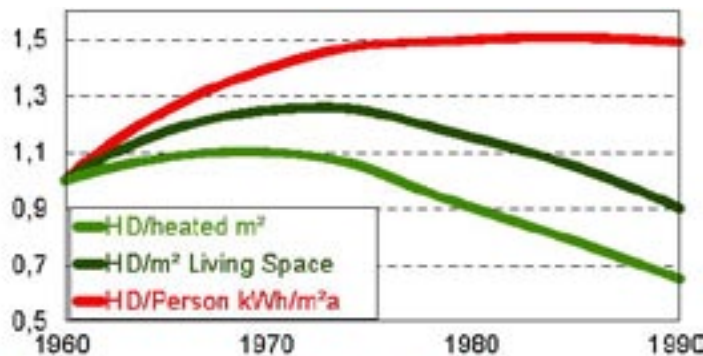
HH = Households

Fig. 9. Characteristic developments in Germany for room heat requirements (total living space, number of households, inhabitants; m²/person, m²/family and people/family; heating demand/m² and family and people/family).

Characteristics for Room Heat Requirements II



Characteristics for Room Heat Requirements III



HD = Heating Demand

promedio anual de ahorro energético en edificios es bajo y el total ahorrado se está moviendo lentamente a niveles menores. La temperatura de bienestar aumenta, empezó en 18° C y está alcanzando 21°C (hasta 23°C en algunos apartamentos). Los códigos internacionales tienen un mínimo de 19° C sin considerar la ubicación del edificio y estos son usados en la mayoría de los casos como temperatura de diseño; en Brasil se diseña con 23 a 24°C para el aire acondicionado.

Mientras el uso energético ha mejorado significativamente en las últimas décadas, desde la primera crisis petrolera en 1970, el consumo de energía per cápita sigue muy alto (ver Fig. 9). La razón radica en el aumento de espacio por persona, producto de los cambios demográficos - más de una persona como ama de casa- y una tendencia general a apartamentos más amplios. Tomando en cuenta que en las últimas décadas el aumento de la temperatura ambiente, empezó a principios de los 50's con 18 °C, actualmente es de 21°C yaumentando a 23°C, es normal (considerando que 1K de aumento en temperatura suma una demanda del 10% de la demanda total. Los habitantes de climas templados pasa gran parte del invierno climatizándose/adaptándose. La mejora en eficiencia energética en e almacenamiento del edificio es consumida completamente debido a estas tendencias. El promedio de energía ahorrada como conjunto a través de ahorradores energéticos en edificios nuevos es tan lento, que los nuevos edificios no logran disminuir las pérdidas ocasionadas por los edificios viejos.

6. Conclusión

Las tendencias del consumo energético en edificios residenciales en el trópico parecen ser claras: basados en los resultados de este proyecto y la tendencia general a mayor confort en mas apartamentos, el consumo energético aumentará rápidamente, tan pronto como la situación económica mejore y lo permita. Considerando que: el contexto del estudio de confort térmico en climas húmedos y cálidos es de una industria de aire acondicionado de multi-billones de dólares (US\$ 28 billones sólo en equipos) (Nicol, F. 2003). Aquí comienza el círculo vicioso! A medida que la gente puede permitirse casas modernas, están más dispuestos a confinarse a los códigos nacionales de edificios.

is only very slowly moving to a lower (resp. better) level. The comfort temperature is always increasing, starting from 18°C and now reaching 21°C (up to 23°C in some rooms). International building codes have a minimum of 19°C irrelevant of location and this is used in most cases as the design temperature; for Brazil 23 to 25 C are used for air-con design.

While the use of energy improved significantly in the last decades since the first oil crisis in 1970, the energy consumption per capita is still on a high level (see Fig. 9). The reason lies in the increase of square meter per person, driven through the demographic change of the population - more one and two person households -, and a general tendency towards bigger apartments. Taking in to account that over the last decades increased room temperature level, starting in the early 50's with 18 C, now 21 up to 23°C is quite normal (having in mind that 1 K higher heat season room temperature brings a additive demand of 10 % of the total demand). So the people in the moderate climate loose a big part of their winter adaptation/acclimatization. The improvement of energy efficiency in the building stock was "eaten up" almost completely due to these tendencies. The rate of energy saved as a whole through energy saving in new buildings is so low that the new buildings can not decrease the losses due to the older buildings.

6. Conclusion

The tendencies of energy consumption in residential buildings in the tropics seem to be quite clear: based on the results of this project and with the general tendency of more comfort in more rooms, the energy consumption will rise sharply, as soon as the economic situation of the population or part of the population improves. Having in mind: The context of the study of thermal comfort in hot-humid climate is the multi-billion dollar air conditioning (AC) industry (turnover \$28bn in equipment alone) (Nicol, F. 2003). It is here that the vicious circle is started! As People are able to afford modern houses they are more and more able to confine to national building

A menudo estos códigos siguen de cerca las normas europeas y norteamericanas.

Los niveles de temperatura para el bienestar humano están decididos a un nivel menor relativo al de los trópicos. Realizar estas normas de aire acondicionado es impostergable. La gente que vive bajo estas condiciones pierde su capacidad natural de adaptación al clima. Esto resulta en la necesidad constante de aire acondicionado. Resulta en la pérdida de adaptación natural al clima y al hecho que el aire acondicionado es percibido como como símbolo de salud. Bajo ambos climas (templado y cálido-húmedo) se percibe una pérdida evidente de adaptación al clima.

La única estrategia para revertir este aumento es la solución arquitectónica y urbana bioclimática. Soluciones especiales para mejoras microclimáticas entre otras: techos verdes en climas cálidos húmedos. Con una solución integral es posible proveer confort sin aire acondicionado o- en el caso de edificios con carga térmica alta- minimizar el consumo de aire acondicionado (Laar 2002).

codes. More than often these national codes follow closely the European/North American standards. The temperature levels for human comfort are thus set at low levels relative to those of the Tropics. To realize these standards air-con is unavoidable. These people living under such conditions lose thus their natural climate adaptation. This results in the need for ever constant air-con. Resulting in the human loss of climate adaptation and the fact that air-con is seen as a living statement of health. So under both climates (moderate and hot-humid) a clear loss of the proven climate adaptation can be quite clearly seen.

The only possible strategy to curb this increase is the bio-climatic approach in architecture and urbanism. Special solutions for microclimate improvements being among others the green roof under hot-humid climate which proved expedient against ground sealing. With an integrated approach it is possible to provide comfort without the use air conditioning or - in the case of buildings with a high internal load – minimize the energy consumption through air conditioning (Laar 2002).

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY

Bravo, G. et al, 2000 Sensación térmica y confort en condiciones cálidas y húmedas. Proceedings COTEDI 2000. Maracaibo/Venezuela, 2000.

Grimme, F. W., Laar, M. Moore, Chr.. 2002, Ventilation dependent comfort under tropical conditions, AiF-project, final report (in German language).

IPLANRIO 1996, Anuario estatístico da cidade do Rio de Janeiro; Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro

Laar, M., 2002, Energy Efficient Urbanism & Architecture / A Questão da Eficiência Energética na Arquitetura e no Urbanismo. In: Sustainable Revitalization of Tropical Cities/Revitalização Sustentável de Cidades Tropicais. Ed.. M. Laar & K. Knecht/InWEnt, Rio de Janeiro/ Berlin, 2002.

LIGHT 1997, Boletim estatístico de mercado, Ano 4, no 27.

Lamberts, R., et al. 1997, Eficiência Energética na Arquitetura. PW Editores, São Paulo 1997.

MacFarlane, W. V., 1958, Thermal comfort zones. Architect Sci Rev, 1:1-14, 1958.

Meteotest, 1999, Meteororm Version 4.0

Nicol, F., 2000, International Standards don't fit tropical buildings: what can we do about it?

Nicol, F., 2003; The dialectics of thermal comfort, inaugural lecture, February 2003.

Proceedings COTEDI 2000. Maracaibo/Venezuela. 2000.

Techem Service AG, 2001, Energie-Kennwerte. Hilfen für den Wohnungswirt, Ausgabe 2001 .

